

AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO NO PROCESSO DE DEMOLIÇÃO DE CONSTRUÇÕES

Estudo de dois Casos

MARIANA JOSEFINA JORGE DA SILVA

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Orientador: Professor Doutor Alfredo Augusto Vieira Soeiro

JUNHO DE 2008

DEDICATÓRIA

Com este trabalho sublinho e dedico todo o esforço de quem deixa a marca na minha construção. Nesta pegada de emoções flora:

- a essência da minha irmã;
- a substância dos meus pais;
- a firmeza do meu namorado;
- o optimismo do meu irmão;
- a confiança de familiares e amigos.

A perseverança das suas lutas merece a ênfase das suas obras.

*Qualquer ideia magnífica é absolutamente fascinante e
absolutamente inútil até a pormos em prática.*

Richard Bach, 2003.

AGRADECIMENTOS

Ao meu estimado Orientador, sublinho a sua presença como a “ponte” de todo este trabalho. O seu perfil conduziu-me a rotas de experiências, tanto no mundo físico das demolições, como no mundo humano de quem as opera. Obrigada.

Agradeço de forma significativa a atenção dispendida em documentos, informações, telefonemas, e-mails e fotografias a todos aqueles aqui identificados:

- Álvaro Marote da Cometec – a um grande amigo sempre presente;
- Engº. Miguel Barros da Copcisa;
- Engº. Mário Abrunhosa da Cimertex;
- Engº. Manuel Magalhães da Vendap Loc;
- Grupo Eurotagar;
- Ivo Gonçalves da Empresa Costa Almeida;
- Empresa Abrantes Simões.

RESUMO

O presente trabalho pretende desenvolver a avaliação do consumo energético de processos de demolição mecânica de dois casos, bem como a posterior comparação dos mesmos. Para tal, considera-se estritamente necessário a enumeração e descrição dos diferentes métodos de demolição existentes, tais como: o manual; o mecânico; o recorrente a explosivos, à onda de choque e à expansão; os térmicos e outros. Subsequentemente, destaca-se ainda os métodos inovadores, princípio, natureza e interesses subjacentes.

Não obstante, este estudo centra-se no método mecânico decorrente de duas demolições distintas, concernentes a uma passagem superior PS 397 e a uma habitação. Esta primeira é alvo de um estudo de campo/observação no terreno que implica o contacto com empresas inerentes ao ramo da demolição e equipamentos específicos. Por sua vez, a segunda demolição é respeitante à análise de um caso-tipo baseado no *Guide pratique de la démolition des bâtiments* (2006) e, por conseguinte, não foi objecto de estudo no terreno.

Considerando que a demolição mecânica tem no trabalho um relevo substancial, esta técnica é realçada em diferentes tipos de obra, designadamente em: uma torre de estrutura metálica, uma “barra” de habitação de betão armado e uma ponte estreita de betão pré-esforçado.

A apresentação e caracterização destes estudos integram, não só a listagem dos equipamentos utilizados, mas também as características técnicas, os rendimentos ou as produções inerentes.

A questão dos resíduos de demolição é, igualmente, um dos pontos focados, nomeadamente a sua constituição, a quantidade produzida em obra e posterior transporte a vazadouro. A nível ambiental, os resíduos são classificados como inertes, mas os processos da sua produção e transporte são altamente poluentes, em termos sonoros, aéreos e no próprio terreno.

É de referir ainda a ênfase, neste documento, dos procedimentos de corte por fio diamantado, disco e coroas diamantadas pela especificidade e o rigor do trabalho.

Por fim, convém realçar que o sítio da localização da obra condiciona, em grande medida, a escolha e a execução do método da obra a demolir.

PALAVRAS-CHAVE: métodos de demolição, resíduos de demolição, equipamentos, consumos energéticos, transporte, ambiente.

ABSTRACT

The present study intends to develop the evaluation of the consumption of mechanical demolition processes of two study cases, and their subsequent comparison. It is considered strictly necessary the list and description of the various distinguished existing methods of demolition, such as: the manual; the mechanic; the use of explosives, the wave of shock and expansion; the thermal; and others. Subsequently, is still detach the new technology methods, its bases, nature and underlying interests.

Nevertheless, this study focuses on the mechanical method resulting from two demolitions, concerning an overpass PS 397 and a residential building. The first one is subject of a field study and an observation in the ground that implies the contact with companies involved in the demolition industry and the specific equipments. The second one, is relative to the analysis of a study case, taken from the *Guide pratique de la démolition des bâtiments* (2006), and therefore, wasn't object of study in the field.

Considering the importance that the mechanical demolition has in this study, this technique is enhanced in different types of construction work, in particular: a tower with a steel structure, one concrete “bar” in a building, and a pre-tensioned concrete bridge.

The presentation and characterization of these studies, integrate not only the listing of used equipment, but also the technical characteristics, the rendimentos, or the inherent productions.

The issue of the demolition waste is also one of the points raised, including its constitution, the amount produced in the construction field, and the subsequent transport and drain. At an environmental level, the demolition waste are classified as inert, but the processes of its production and transport are highly pollutant, in terms of noise, air and the ground itself..

It should be also noted, the underscore in this document to the procedures of cut, with wire-cut diamond, diamond disc and crowns, for the specificity and accuracy of their work.

Finally, it should be enhance that the location of the demolition work stipulates, in a large extent, the choice and implementation of the method of work.

KEYWORDS: methods of demolition, demolition waste, equipment, energy consumptions, transport, environment.

ÍNDICE GERAL

RESUMO	i
ABSTRACT	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE QUADROS	xii
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	xiv

1. INTRODUÇÃO..... 1

CAPÍTULO 2 - OS DIFERENTES PROCESSOS DE DEMOLIÇÃO..... 3

2.1. MÉTODO MANUAL	4
2.2. MÉTODO MECÂNICO	4
2.2.1. MÉTODOS QUE UTILIZAM A PERCUSSÃO OU AS VIBRAÇÕES	5
2.2.2. MÉTODOS QUE FUNCIONAM POR TRACÇÃO DE CABOS	6
2.2.3. MÉTODOS DE CORTE POR PERFURAÇÃO OU SERRAÇÃO COM EQUIPAMENTOS DIAMANTADOS	7
2.2.4. MÉTODOS FUNDADOS SOBRE A DESLOCAÇÃO	8
2.3. MÉTODOS QUE UTILIZAM O EXPLOSIVO, A ONDA DE CHOQUE OU A EXPANSÃO	10
2.3.1. MÉTODO EXPLOSIVO	10
2.3.1.1. Mecanismos de Colapso	11
2.3.1.2. Escolha do Mecanismo de Colapso	13
2.3.1.3. Trabalhos Preparatórios.....	13
2.3.1.4. Protecção do meio ambiente às explosões	13
2.3.1.5. Princípio de funcionamento e tipos de explosivos	14
2.3.1.6. Características dos explosivos	14
2.3.1.7. Material Pirotécnico.....	15
2.3.1.8. Aplicação em Obra.....	17
2.3.1.9. Tiro sobre pressão de água	19
2.3.1.10. Perímetro de Segurança	19
2.3.1.11. Recurso ao explosivo: vantagens e inconvenientes	20

2.3.2. MÉTODO POR ONDA DE CHOQUE: O MÉTODO CARDOX	20
2.3.3. A EXPANSÃO: O CIMENTO EXPANSIVO	21
2.4. MÉTODOS TÉRMICOS	21
2.4.1. CORTE ATRAVÉS DE MAÇARICOS DE OXIACETILÉNICO	22
2.4.2. CORTE ATRAVÉS DE MAÇARICOS DE PÓ	22
2.4.3. PERFURAÇÃO TÉRMICA COM OXIGÉNIO	23
2.5. OUTROS MÉTODOS	24
2.5.1. O CORTE COM JACTO DE ÁGUA A ELEVADA PRESSÃO	24
2.5.1.1. Vantagens e Inconvenientes	25
2.6. MÉTODOS INOVADORES NA DEMOLIÇÃO DE CONSTRUÇÕES	25
2.6.1 DEMOLIÇÃO POR TUBOS DE AVANÇO	25
2.6.1.1. Princípio do novo método de demolição	25
2.6.1.2. Âmbito dos trabalhos	26
2.6.1.3. Faseamento dos trabalhos	26
2.6.1.4. Vantagens e Inconvenientes	26

CAPÍTULO 3 - EXEMPLOS DE DEMOLIÇÃO: A DEMOLIÇÃO MECÂNICA, SUAS DIFERENÇAS NO TIPO DE OBRA A DEMOLIR

3.1. A DEMOLIÇÃO DE UMA TORRE DE ESTRUTURA METÁLICA	29
3.2. CORTE DE UMA “BARRA” DE HABITAÇÃO DE BETÃO ARMADO	30
3.2.1. CONSERVAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA COM O FIM DE EVITAR QUALQUER DESORDEM POSTERIOR	30
3.2.1.1. Fundações	30
3.2.1.2. Supressão do Revestimento de Protecção	30
3.2.1.3. Apoio dos pavimentos sobre vigas	31
3.2.1.4. Metodologia	31
3.3. DEMOLIÇÃO DE UMA PONTE ESTREITA DE BETÃO PRÉ-ESFORÇADO	31

CAPÍTULO 4 - RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: CLASSIFICAÇÃO E DESTINO

4.1. COMPOSIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO	33
4.2. DESTINO	34

4.2.1. PERCURSO A SEGUIR	34
4.3. PRODUTOS RESULTANTES DA RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DOS RCD	35
4.4. TRATAMENTO DOS MATERIAIS	36
4.4.1. A NATUREZA DOS RESÍDUOS	36
4.4.2. OS RESÍDUOS DE ESTALEIRO DA CONSTRUÇÃO	36
4.5. A GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	37

CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS DOIS CASOS EM ESTUDO

5.1. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CASO A	43
5.1.1. PROCESSO DE EXECUÇÃO/METODOLOGIA	44
5.1.2. FASEAMENTO DOS TRABALHOS	45
5.1.3. PROCEDIMENTOS DO CORTE	48
5.1.3.1. Procedimento para o escoramento de uma viga de 16000 Kg	48
5.1.3.2. Procedimento para a execução de trabalhos de corte de betão com fio diamantado	49
5.1.3.3. Procedimento para a execução de trabalhos de corte de betão com disco diamantado	52
5.1.3.4. Procedimento para a execução de trabalhos de perfuração	55
5.1.4. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	58
5.2. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CASO B (CASO-TIPO).....	67
5.2.1. PROCESSO DE EXECUÇÃO/METODOLOGIA	67
5.2.2. FASEAMENTO DOS TRABALHOS	67
5.2.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	67

CAPÍTULO 6 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1. A DEMOLIÇÃO DA PASSAGEM SUPERIOR PS 397 – AUTO-ESTRADA A1	69
6.2. A DEMOLIÇÃO MECÂNICA DE UMA HABITAÇÃO	77
6.3. OS RÁCIOS ENERGÉTICOS DAS DIVERSAS OPERAÇÕES INERENTES AO PROCESSO DE DEMOLIÇÃO DOS DOIS CASOS EM ESTUDO	81

7. CONCLUSÃO

8. BIBLIOGRAFIA.....

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Martelo pneumático e martelo perfurador.....	5
Figura 2 – Colocação de um cabo tanto na parte superior como na parte inferior da obra.....	7
Figura 3 – Cabo diamantado.....	8
Figura 4 – Corte vertical de um bloco de betão.....	8
Figura 5 – Dispositivo hidráulico Rock Jack.....	9
Figura 6 – Corte e esquema de funcionamento de um dispositivo Darda.....	9
Figura 7 – Demolição pelo mecanismo de colapso tipo telescópico numa torre de refrigeração de uma central termoelétrica (à esquerda) e num conjunto de alvenaria (à direita).....	11
Figura 8 – Demolição pelo mecanismo tipo derrube da chaminé de uma fábrica na Alemanha (à esquerda) e de um edifício torre (à direita).....	12
Figura 9 – Sequência/etapas da demolição pelo mecanismo tipo implosão do Hotel Atlantis na Madeira.....	12
Figura 10 – Demolição pelo mecanismo tipo colapso progressivo de quatro edifícios dois a dois (à esquerda) e do Hotel Aladdin em Las Vegas (à direita).....	13
Figura 11 – Cadeia pirotécnica com ou sem fio detonante.....	15
Figura 12 – Detonador com pavio.....	16
Figura 13 – Detonador elétrico.....	16
Figura 14 – Detonador de atraso.....	16
Figura 15 – Pavio (corte).....	17
Figura 16 – Carga aplicada sobre um pavimento.....	18
Figura 17 – Carga oca. Formação do Dardo.....	18
Figura 18 – Tiro sobre pressão de água.....	19
Figura 19 – Cartucho Cardox.....	20
Figura 20 – Aplicação/efeito em obra do cimento expansivo.....	21
Figura 21 – Princípio de corte com o maçarico de pó.....	23
Figura 22 – Corte de uma parede.....	23
Figura 23 – Posto de perfuração térmica com lança.....	24
Figura 24 – Agrupamento de várias lanças.....	24
Figura 25 – Princípio da demolição por avanço.....	25
Figura 26 – Tubo de avanço pirotécnico (externamente).....	27
Figura 27 – Tubo de avanço pirotécnico (internamente).....	27
Figura 28 – Desenvolvimento de hidrocutos (com disco ou cabo diamantado).....	44

Figura 29 – Peças cortadas de betão armado colocadas na berma para posterior demolição.....	44
Figura 30 – Escoramento da PS 397.....	45
Figura 31 – Colocação de maciços de betão armado para a fundação das torres de escoramento e montagem das mesmas.....	46
Figura 32 – Corte longitudinal com disco diamantado.....	46
Figura 33 – Pormenor da furação parcial da espessura da laje do tabuleiro – carote.....	47
Figura 34 – Elevação da peça de betão armado pela grua telescópica.....	47
Figura 35 – Fio diamantado.....	50
Figura 36 – Grua móvel de 220 ton.....	59
Figura 37 – Grua móvel de 500 ton.....	60
Figura 38 – Escavadora hidráulica da Komatsu PC 340–7.....	61
Figura 39 – Tesoura hidráulica RD 32 da Rammer.....	64
Figura 40 – Martelo hidráulico F35LN – Furukawa.....	65
Figura 41 – Secção transversal do tabuleiro.....	69
Figura 42 – Secção transversal do tabuleiro cortado em duas partes.....	69
Figura 43 – Sistema de iluminação.....	77
Figura 44 – Demolição por acção do peso próprio da pá-hidráulica.....	79

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Código e descrição de RCD.....	33
Quadro 2 – Código e designação dos RCD e possível destino.....	39
Quadro 3 – Plano de Contingência da Demolição PS 397.....	70
Quadro 4 - O rendimento do martelo e tesoura hidráulicos da Rammer.....	74
Quadro 5 - Os possíveis consumos de combustível da escavadora hidráulica PC340-7 da Komatsu.....	74
Quadro 6 - Rendimento e potência dos equipamentos.....	79
Quadro 7 - Equipamentos e respectivos rácios energéticos na demolição da Passagem Superior 397.....	82
Quadro 8 - Equipamentos e respectivos rácios energéticos nos deslocamentos efectuados na demolição da Passagem Superior 397.....	82
Quadro 9 - Equipamentos e respectivos rácios energéticos na demolição da habitação.....	83
Quadro 10 - Equipamento e respectivo rácio energético no deslocamento efectuado na demolição da habitação.....	83
Quadro 11 - Demolição da passagem superior PS 397: a energia e o combustível consumidos nas diferentes operações, bem como, os seus valores totais.....	86
Quadro 12 - Demolição da habitação: a energia e o combustível consumidos nas diferentes operações, bem como, os seus valores totais.....	87
Quadro 13 – Demolição da passagem superior PS 397: a energia e o combustível consumidos no processo global da demolição, excluindo a parcela referente à operação de transporte dos resíduos (Camião FM 12 – quadro 11).....	87
Quadro 14 – Demolição da habitação: a energia e o combustível consumidos no processo global da demolição, excluindo a parcela referente ao transporte dos resíduos (Camião FM 12 – quadro 12)...	88
Quadro 15 – Demolição da passagem superior PS 397: o peso da operação de transporte dos resíduos (Camião FM 12) no processo global da demolição, relativamente à energia gasta e ao combustível consumido.....	88
Quadro 16 – Demolição da habitação: o peso da operação de transporte dos resíduos (Camião FM 12) no processo global da demolição, relativamente à energia gasta e ao combustível consumido...	88

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Kg – Quilograma

h – Horas

lt – Litros

Km- Quilómetros

Kw – Quilowatt

J – Joule

N – Newton

Cm – Centímetro

°C – Graus Célsius

A – Ampere

Mpa – Mega pascal

m – Metros

s – Segundos

ton – Toneladas

m² – Metro ao quadrado

R – Rés-do-chão

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

m³ – metro cúbico

φ - Diâmetro

γ - Densidade do betão

min – Minutos

mm – Milímetros

CV – Cavalos

KN – Quilo newton

ms – Micro segundos

1

INTRODUÇÃO

O presente documento insere-se no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este traduz-se na compreensão dos diferentes processos de demolição, tendo em conta uma perspectiva global dos procedimentos de cada método. Após a análise dos distintos métodos de demolição, e do modo como estes funcionam, procede-se à selecção de um destes métodos aplicado a demolição de construções.

Assim, este estudo baseia-se em dois casos, sendo o Caso A a demolição da Passagem Superior PS 397, na Auto-Estrada A1, integrada na empreitada de alargamento da mesma entre o nó de Estarreja e o nó de Santa Maria da Feira; e o Caso B a demolição de uma habitação.

Para além da apresentação e caracterização dos casos referidos, será desenvolvido mais adiante uma análise comparada do consumo energético, com e sem a parcela referente à operação de transporte dos resíduos a vazadouro, no processo de demolição aquando da apresentação dos resultados. No entanto, esta breve introdução coloca especial ênfase no Caso A, na medida em que este foi objecto de estudo no terreno (observação não-participante) e o Caso B representa apenas um caso-tipo baseado no *Guide pratique de la démolition des bâtiments* (2006).

Face ao objecto de estudo anteriormente referido, é necessário conhecer o faseamento dos trabalhos intrínsecos ao processo de demolição, considerando que estas operações apenas têm início após a protecção das faixas de rodagem com rede tipo *rachel* ou equivalente, por forma a evitar a projecção de material resultante da demolição. Convém referenciar que o *método mecânico* foi o método adoptado para o desmoronamento da Passagem Superior. Quais as razões desta escolha?

Geralmente, a decisão sobre o processo ou os processos a empregar baseiam-se num conjunto de factores, de acordo com as características da construção a demolir, o meio envolvente, a preocupação de recuperar ou não, o mais possível, os materiais demolidos, bem como o tempo disponível para a execução dos trabalhos.

A determinação de tarefas é fundamental na avaliação de consumos energéticos e poluentes inerentes à demolição. Em cada etapa são utilizados determinados tipos de equipamentos, nomeadamente de corte, de trituração e separação aço-betão, transporte, etc. O passo seguinte consiste na identificação e no encadeamento dos equipamentos manuseados nas diferentes fases. A aquisição e consulta de manuais dos referidos equipamentos foi efectuada junto das empresas distribuidoras e via *internet*.

Nesta obra, concretamente, os resíduos de demolição são constituídos pelos seguintes materiais: betão, misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão, ferro e aço.

No campo da reciclagem dos resíduos de demolição não foi possível estudar o seu processamento, uma vez que estes foram conduzidos para a Quinta do Moínho-Solusel, em Vila Nova de Gaia, para a recuperação paisagística de uma pedreira. No entanto, considere-se importante os locais de aterro dos resíduos de construção e demolição existentes no território nacional, designadamente:

- entidade Valnor responsável pelos aterros: Herdade da Torre, Freguesia N^a Sr^a da Expectação, Concelho de Campo Maior, Distrito de Portalegre; Monte do Falcão, Freguesia Vale de Açor, Concelho de Ponte de Sôr, Distrito de Portalegre;
- entidade Lena Ambiente responsável pelo aterro: Herdade do Montinho, junto à E.N. 122, Freguesia Santa Clara do Louredo, Concelho de Beja, Distrito de Beja;
- entidade Solusel responsável pelo aterro: Pedreira “Quinta do Moinho”, Vila Nova de Gaia;
- entidade Adifer, Lda responsável pelo aterro: Pedreira “Aradeira”, Vila Pouca do Aguiar;
- entidade responsável J. Batista Carvalho, Lda pelo aterro: Pedreira n.º 3683, Vale de Aceiros, Cantanhede;
- entidade Soarvamil responsável pelo aterro: Courela do Carmo (5^a Fábrica de Pólvora), Corroios, Seixal.

A composição dos resíduos depende da época, da região, da localização e das tecnologias da construção da obra donde são originários.

Em matéria de poluentes, este estudo centra-se no respectivo transporte, na medida em que estes resíduos são classificados como inertes e não podem ser depositados antes de terem passado por um pré-tratamento. Não obstante, a deposição dos RCD em aterro será processada após a submissão a triagem e quando há impossibilidade de se proceder à reciclagem dos mesmos.

Para finalizar, além desta breve introdução, o presente documento encontra-se estruturado em sete partes, que de forma muito abrangente e resumida integra:

- os diferentes processos de demolição e os métodos inovadores na demolição de construções;
- exemplos de demolições: a demolição mecânica, suas diferenças no tipo de obra a demolir;
- os resíduos de demolição: classificação e destino;
- a apresentação e caracterização dos dois Casos em estudo;
- a apresentação dos resultados;
- a conclusão;
- a bibliografia.

Segue-se então a segunda parte, respeitante aos diferentes processos de demolição (Capítulo 2).

CAPÍTULO 2

OS DIFERENTES PROCESSOS DE DEMOLIÇÃO

A Indústria da Construção tem vindo a sofrer mudanças graduais face ao objectivo que se pretende alcançar, à diversidade de materiais empregues, aos processos construtivos utilizados, às disponibilidades tecnológicas e às contingências económicas que se fazem viver na época¹.

A Indústria de Demolição, particularmente, adquire cada vez mais peso à medida que o tempo avança, devido à necessidade de uma forte especialização dos serviços prestados. Neste contexto, emerge a necessidade de se encontrar novos processos de demolição mais rápidos e eficientes. Os aspectos que tiveram na sua origem foram, nomeadamente (*Caderno de Encargos*)²:

- a substituição de peças ou componentes estruturais da construção, tais como vigas, lajes, pilares, etc;
- o desmantelamento de uma determinada parte da construção para dar origem a novos espaços de maiores dimensões, ou até mesmo com diferentes disposições;
- a demolição completa de construções, com o intuito de criar um novo espaço urbano, realizar novas obras ou, ainda, assumindo uma função específica de carácter mais permanente.

A demolição pode ser realizada segundo vários processos, consoante a técnica e os equipamentos utilizados. Por conseguinte, os processos de demolição podem ser classificados de (Philip, J., Bouyahbar, F., Muzeau, J., 2006):

- manuais;
- mecânicos;
- métodos que utilizam o explosivo, a onde de choque e a expansão;
- métodos térmicos;
- método baseado no corte através de jactos de água a elevada pressão;
- métodos inovadores na demolição de construções.

Nas grandes demolições podem ser empregues mais do que um método de demolição. Portanto, a escolha do ou dos processos de demolição depende de um conjunto de factores, tais como (*Caderno de Encargos*)³:

- as características da construção e do meio envolvente;

¹ Disponível em www.construlink.com.

² Disponível em http://paginas.fe.up.pt/~construc/gp/docs2004-05/caderno_encarg/exe_trabalhos/Demolicoes.pdf

³ Disponível em http://paginas.fe.up.pt/~construc/gp/docs2004-05/caderno_encarg/exe_trabalhos/Demolicoes.pdf

- a recuperação ou não dos materiais demolidos;
- o tempo de execução do trabalho;
- etc.

A escolha do ou dos métodos de demolição a utilizar é efectuada após a ponderação de todos estes factores, mas convém salientar que muitas vezes a opção tomada depende da sua viabilidade.

Não obstante, antes do trabalho de demolição deve proceder-se ao escoramento da construção, de modo a que esta não caia precocemente e não ponha em risco a vida dos trabalhadores. Deve efectuar-se o escoramento da base para cima da construção, tendo ainda em conta que as construções vizinhas devem ser igualmente escoradas, caso seja comprometida a sua estabilidade. Deve garantir-se sempre o acesso a todos os locais da demolição.

Segue-se uma apresentação sucinta de cada processo de demolição já identificado anteriormente.

2.1. MÉTODO MANUAL

A demolição manual é assim denominada por recorrer a ferramentas manuais, como picaretas, pás, martelo-percussor, etc. Os processos utilizados, desde os tempos remotos, são caracterizados como rudimentares, devido ao esforço físico exigido ao trabalhador aquando do manuseamento de equipamentos, como a alavanca manual, o martelo, o cinzel e a marreta. Importa explicar que a primeira funciona por aplicação de uma força na extremidade da alavanca de aço que, estando apoiada entre os pontos de aplicação das forças, consegue mover e erguer cargas com um peso superior ao esforço despendido. Os restantes, apenas se justificam a sua utilização em pequenas demolições, por se tratar de um trabalho muito moroso e de baixo rendimento, bem como, pela impossibilidade de obtenção de mão-de-obra em quantidade.

A evacuação dos detritos é efectuada por meio de cordas, guinchos, cabos, tratando-se de destroços volumosos. No caso de detritos mais leves utilizar-se-ão caleiras.

Na demolição do betão é vulgar utilizar-se um maçarico para cortar e libertar completamente as armaduras. Mas, quando se trata de demolição de estruturas metálicas procede-se à sua desmontagem em fracções facilmente transportáveis.

Porém, a ordem com que se efectua o trabalho é muito importante, pois deve assegurar-se a estabilidade da estrutura ao longo de todo o processo de demolição. Assim sendo, deve ter-se em atenção algumas regras relativas ao betão. A demolição de uma peça betonada só deve ser executada após o conhecimento dos seus apoios, para que o trabalho siga a direcção paralela à dos apoios. Por exemplo, numa laje de quatro apoios pode existir a eventualidade de desabamentos prematuros, por isso, há que ter preocupações especiais na execução dos trabalhos. No caso de estruturas de betão pré-esforçado, estas têm que ser estudadas, por técnicos responsáveis, com antecedência. As condições de estabilidade e de resistência de uma estrutura ou peça podem ser alteradas aquando do corte de uma armadura neste tipo de betão (betão pré-esforçado).

2.2. MÉTODO MECÂNICO

Os métodos mecânicos são assim caracterizados por se tratar de um processo efectuado por máquinas não portáteis.

Entre os métodos mecânicos mais utilizados correntemente na demolição, podem distinguir-se quatro categorias ((Philip, J., Bouyahbar, F., Muzeau, J., 2006) e (*Caderno de Encargos*)⁴):

- os métodos que utilizam a percussão ou as vibrações;
- os métodos que agem por tracções de cabos;
- os métodos de corte por perfuração com instrumentos diamantinos;
- os métodos baseados na deslocação.

2.2.1. MÉTODOS QUE UTILIZAM A PERCUSSÃO OU AS VIBRAÇÕES

Esta categoria agrupa o material ligeiro e o material pesado.

O material ligeiro compreende o martelo pneumático e o martelo perfurador (broca) (ver figura 1). Como se sabe o martelo pneumático é um instrumento de choque e tem um ritmo rápido, porque o seu modo de funcionamento é à base de pancadas/golpes penetrantes, asseguradas por um pistão livre que funciona por ar comprimido. É um instrumento relativamente ligeiro. Por sua vez, o martelo perfurador é um aparelho que permite furar buracos no betão por rotação e percussão combinadas. Este é utilizado para furar buracos de fraco diâmetro (10 a 150 mm).



Figura 1 - Martelo pneumático e martelo perfurador

Como material pesado temos o martelo e a tesoura hidráulicos, assim como, a bola. O martelo hidráulico não é nada mais do que um grande martelo pneumático fixado através de um berço num braço de uma pá hidráulica. O seu funcionamento é assegurado pela pressão de óleo do engenho portador, sendo que o ritmo da pancada é menos elevado que o do martelo pneumático. É um equipamento pesado e, conseqüentemente, a energia libertada por pancada é cerca de 2000 J; mas, o principal inconveniente deste tipo de material é a geração de vibrações. Neste seguimento, refira-se algumas notas sobre a energia libertada pelo mesmo, tendo em conta a classificação em três categorias (Philip, J., Bouyahbar, F., Muzeau, J., 2006):

- a primeira categoria agrupa as máquinas cuja força de pancada é inferior a 1800 J por golpe;
- a segunda categoria representa as máquinas de média potência, nomeadamente os martelos hidráulicos cuja energia de pancada é compreendida entre os 1800 e 2500 J por golpe;
- a terceira categoria corresponde às máquinas cuja energia de pancada é superior a 2500 J por golpe.

⁴ Disponível em http://paginas.fe.up.pt/~construc/gp/docs2004-05/caderno_encarg/exe_trabalhos/Demolicoes.pdf

A pinça do betão é uma variante do martelo hidráulico. Esta peça combina a serragem e as vibrações. Tal como o martelo de grande dimensão, esta é fixada sobre o braço da pá hidráulica através de um berço. O seu funcionamento é assegurado pela pressão de óleo da própria pá. A abertura da pinça pode ir até 60 cm.

A bola ou a queda desta pode ser classificada na categoria dos métodos de demolição que utilizam a percussão. Trata-se de uma massa esférica de 500 a 2000 Kg, em aço ou em ferro fundido, suspensa num equipamento ou máquina de elevação, geralmente uma grua móvel (sendo que a utilização de guias de torre é desaconselhada de forma a não comprometer a sua estabilidade). Existem dois cabos que são fixados em pontos diferentes da esfera. Um cabo principal e um cabo de chamada (secundário) que permite recuperar a bola, no caso de se verificar ruptura do cabo principal. Os choques aplicam-se de duas maneiras diferentes:

- 1) A massa cai verticalmente de uma certa altura sobre uma parte da obra a demolir (pavimentos, vigas, etc).
- 2) Desta forma, o equipamento de elevação imprime à bola um movimento pendular que vem então golpear a parte da construção a demolir.

Neste tipo de demolição, o aproveitamento de materiais recuperados é mínimo. Portanto, esta só deve ser utilizada nos casos em que não está em causa esse aproveitamento, mas apenas a rapidez da execução do trabalho.

Por compressão, a demolição de um muro deve ser limitada a uma altura de sete metros, considerando que esta deve ser realizada acima do centro de gravidade do plano do muro. O espaço livre à volta do muro deve ser pelo menos uma vez e meia da altura do muro, de forma a não comprometer as construções vizinhas.

Este método apenas pode ser utilizado em estaleiros que apresentem uma área de trabalho suficientemente ampla. Além disso, é necessário minorar a carga de segurança do equipamento de elevação de 50%. Por fim, este é um método que provoca danos, tais como vibrações advindas dos choques e poeira.

2.2.2. MÉTODOS QUE FUNCIONAM POR TRACÇÃO DOS CABOS

Quando a demolição de uma obra está a ser executada sem provocar vibrações, e se o local disponível o permitir, é possível proceder ao derrube por tracção do cabo. Este método consiste em fixar o cabo, ligado a um “bulldozer”, sobre uma parte da construção a demolir, exercendo-se de seguida uma tracção sobre o cabo. Quando se pretende localizar o lugar da ruptura, é necessário realizar uma sangria sobre a base da obra (ver figura 2). No caso de uma chaminé de fraca altura, executa-se na base três aberturas que determinam três pés, cujo um deles está situado no eixo da queda. Os dois cabos fixados no “bulldozer” estão ligados à cabeça da obra e o outro, destinado a cortar o pé, encontra-se situado no eixo da queda.

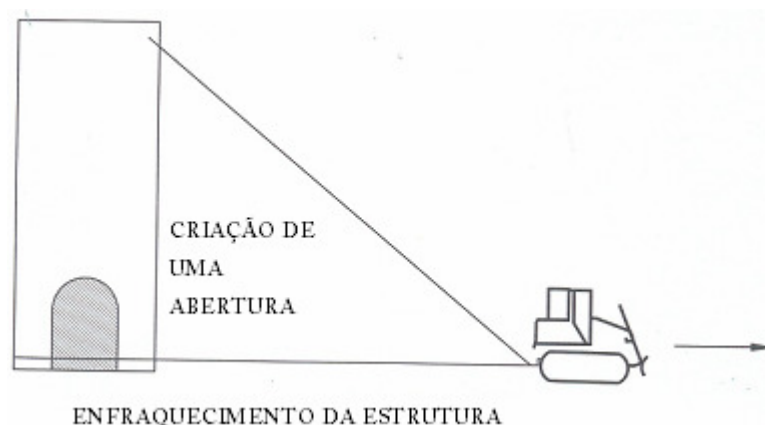


Figura 2 - Colocação de um cabo tanto na parte superior como na parte inferior da obra.

Os métodos que agem por tracção dos cabos são rápidos e económicos, mas apresentam certos perigos, tais como (*idem*):

- riscos de uma ruína prematura;
- riscos inerentes à ruptura do cabo;
- riscos de pontaria na obra;
- entre outros.

Os riscos de uma ruína prematura estão relacionados com a realização de uma sangria ou abertura na estrutura portadora de uma obra a demolir. Certamente que a construção continua a estar apoiada, mas no caso de chaminés, os riscos de queda, devido à acção do vento, são bastante significativos.

Os riscos inerentes à ruptura do cabo não podem ser ignorados, tendo em conta os esforços que entram em jogo. Assim, o principal risco é o seu batimento ou golpe. Como forma de prevenção será necessário especificar uma zona denominada de “batimento”, que será neutralizada durante toda a duração da operação.

Os riscos de pontaria na obra dos métodos que agem por tracção do cabo esgotam de precisão e, se este critério for determinante, será necessário escolher outra técnica.

2.2.3. MÉTODO DE CORTE POR PERFURAÇÃO OU SERRAÇÃO COM EQUIPAMENTOS DIAMANTADOS

Quando é necessário seccionar uma parte da obra, ou simplesmente criar passagens nos elementos de betão, recorre-se ao método de corte por perfuração ou por serração com equipamentos diamantados. Este método, como o seu próprio nome indica, coloca em obra equipamentos diamantados, constituídos por grãos ou partículas diamantadas fixadas num aglutinante, quer de origem metálica, quer em baquelite, quer ainda em cerâmica. A gama do material é vasta.

Para a perfuração utiliza-se uma simples broca com uma coroa de furação de 60 cm de diâmetro. Esta técnica é muito utilizada para recortar elementos que vão desde os 5 aos 65 cm de espessura; enquanto que, para a serração, o diâmetro dos discos varia entre os 20 e 120 cm e permitem cortar uma espessura de betão de até 40 cm. Estes instrumentos são, quer manuais, quer acoplados sobre um berço.

Existe outro método utilizado para o corte de grandes blocos de betão ou de obras que se encontram imergidas, denominado *corte por cabo diamantado*. O cabo diamantado é composto por uma série de colares munidos de pérolas diamantadas (ver figura 3). A aplicação em obra (na serração vertical de um bloco de betão) é feita através de uma roda motora accionada por motor de 25 CV (ver figura 4). Porém, este processo apresenta vantagens e inconvenientes. As vantagens estão relacionadas com a precisão do trabalho, a ausência de choques e vibrações e a segurança de aplicação na obra. Os principais inconvenientes são caracterizados pelo custo elevado do material, pela necessidade de pessoal experiente neste tipo de processo e equipamentos, pelo nível sonoro elevado (60 a 110 dB a uma distância de 7 m) e, em caso de trabalho numa construção particularmente ocupada, pela evacuação de água de refrigeração que agrava os custos dos trabalhos.

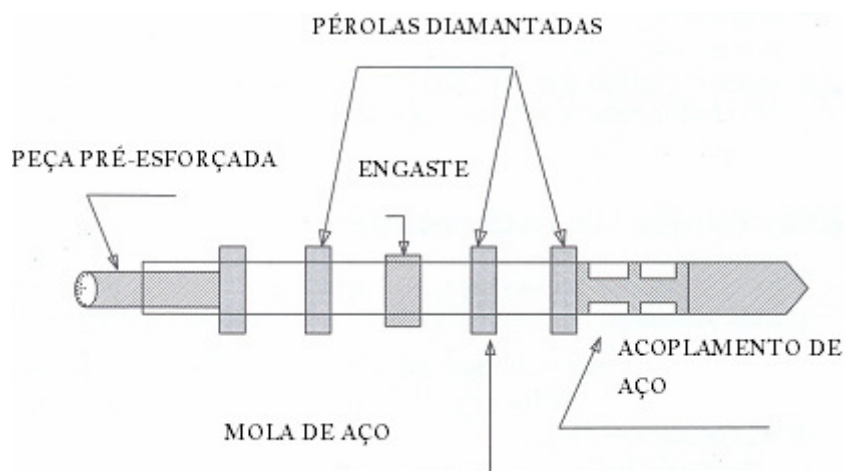


Figura 3 - Cabo diamantado.

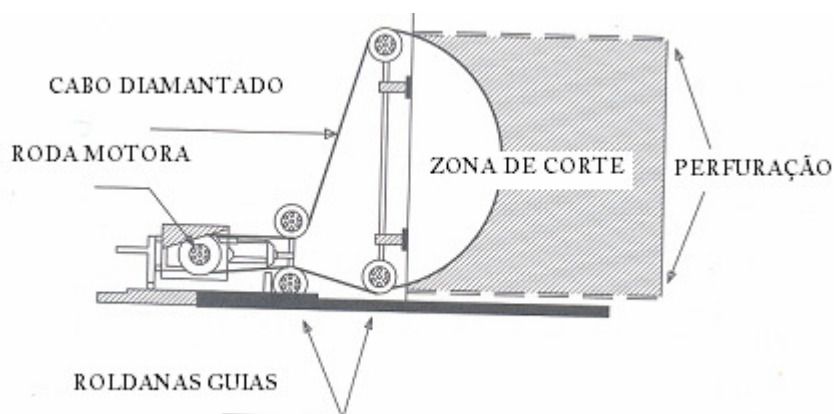


Figura 4 - Corte vertical de um bloco de betão.

2.2.4. MÉTODOS FUNDADOS SOBRE A DESLOCAÇÃO

Este método pode ser aplicado na demolição parcial de uma obra que necessita de uma grande precisão. O princípio desta técnica incide sobre o canto/esquina. Não é uma técnica aconselhada para materiais duros e frágeis. Os dois métodos que são utilizados correntemente são o método *Roc Jack* (para matéria rochosa dura) e o método *Darda* (*idem*). O princípio geral dos dispositivos que limitam a sobretensão, consiste em introduzir fortes pressões de tracção no material, provocando a sua ruptura e, por conseguinte, uma fissuração mais ou menos controlada.

O método *Roc Jack* consiste em macacos alimentados por uma bomba hidráulica que são dispostos sobre todo o comprimento do equipamento. Geram uma distância entre o corpo principal do dispositivo eléctrico (que limita as sobretensões) e a cunha (ver figura 5). O seu modo de operação consiste em:

- Furar um buraco vertical de diâmetro entre 85 a 90 cm no bloco a deslocar;
- Introduzir ambas as partes do *Roc Jack*, pistões retornados;
- Deslocar os pistões cerca de 3 mm por meio de uma bomba hidráulica, originando assim uma distância entre o corpo do equipamento e a cunha.

A fractura realiza-se então sob uma pressão que pode atingir os 1750 KN.

O dispositivo *Darda* é um método que utiliza o mesmo princípio, todavia, ao contrário do *Roc Jack*, utiliza apenas um pistão. O seu funcionamento baseia-se em: o canto central desloca-se sob a acção de um macaco hidráulico entre duas carapaças metálicas, o que provoca o seu distanciamento (ver figura 6). A força de rompimento é cerca de 2500 KN.

Este método apresenta vantagens e inconvenientes. As principais vantagens deste método são traduzidas na economia, na rapidez de emprego, na maneabilidade e na supressão dos danos devidos à poeira, às vibrações e às projecções. Por sua vez, os inconvenientes referem-se à precisão exigida para a perfuração e à impossibilidade da sua utilização no betão armado.

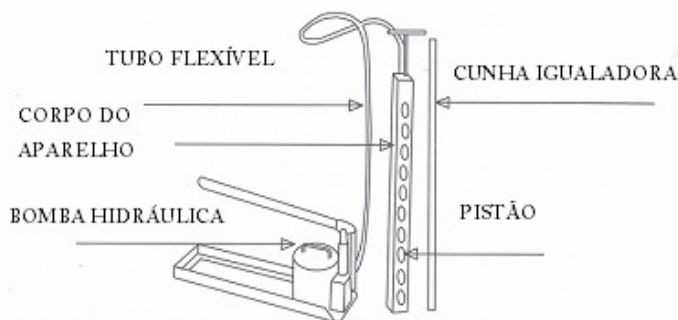


Figura 5 - Dispositivo hidráulico Rock Jack.

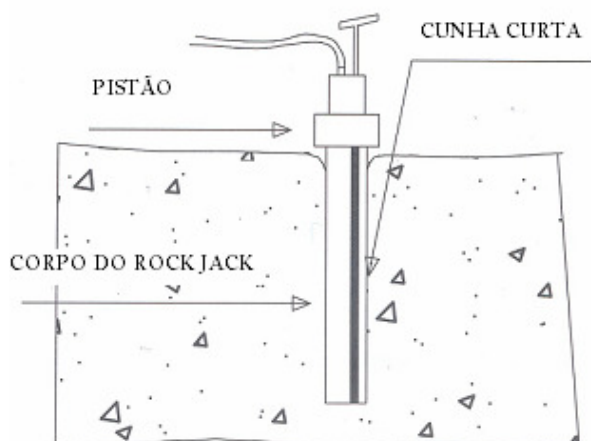


Figura 6 - Corte e esquema de funcionamento de um dispositivo Darda.

2.3. MÉTODOS QUE UTILIZAM O EXPLOSIVO, A ONDA DE CHOQUE OU A EXPANSÃO

2.3.1. MÉTODO EXPLOSIVO

É um método onde o processo de demolição é controlado, ao contrário de alguns processos tradicionais, como as demolições por embate, empuxe, tracção ou escavação. Assim, tal como seria de esperar, a demolição de uma obra com o recurso a métodos mecânicos é feita progressivamente, sendo que quando se pretende um resultado mais rápido, prático, ecológico e económico deve recorrer-se a métodos que utilizam o explosivo, a onda de choque ou a expansão. Apesar de permitir diminuir os efeitos ambientais, é de salientar que estes não deixem de existir, ficando concentrados no tempo. Por conseguinte, nos métodos tradicionais o ruído e o pó provocados prolongam-se no tempo, enquanto que, numa demolição com o recurso controlado de explosivos, estes factores são circunscritos no instante do colapso da estrutura. Convém ainda salientar que este método tem como principal aliado a segurança, uma vez que os trabalhadores não estão no local da queda no momento da demolição.

É notório que os explosivos concebidos, inicialmente, para fins militares foram utilizados nas obras públicas. A partir do fim da Primeira Guerra Mundial, o seu uso generalizou-se para a exploração das pedreiras. Posteriormente, o seu melhor emprego culminou no processo de demolição de construções (*idem*). Assim sendo, actualmente, a utilização de explosivos é uma técnica que permite esmagar a estrutura sob a forma de entulho ou escombros, facilmente transportáveis, e dominando ao mesmo tempo as projecções e os efeitos sísmicos prejudiciais ao ambiente.

Esta técnica incide sobre uma matéria específica, o explosivo. O seu controlo passa pelo conhecimento do produto, sendo importante saber o seu princípio de funcionamento, as diferentes categorias existentes no mercado, o material de que é composto, a aplicação e, por fim, as suas vantagens e inconvenientes.

No que se refere à sua aplicação, só pode recorrer-se a este método como uma alternativa dos demais existentes, devendo o recurso ao mesmo ser estudado caso a caso. Em certas situações o seu emprego não é aconselhável, pois os riscos da sua aplicação superam os benefícios. Essas situações são nomeadamente locais, caracterizadas por uma grande densidade populacional onde a evacuação da população é praticamente impossível, bem como em imediações de hospitais, locais onde o colapso controlado pode causar estragos a propriedades ou edifícios adjacentes e, por fim, em locais onde existe uma forte concentração de computadores, como os centros de informática. Mas, em outras estruturas mais complexas, denominadamente as centrais nucleares ou plataformas petrolíferas, os explosivos poderão ser a única alternativa possível.

Uma construção considera-se demolida por este método quando a estrutura entra em colapso e transforma-se num amontoado de escombros e pó, posteriormente removíveis por meios mecânicos a partir do terreno circundante⁵.

É imprescindível aplicar a menor quantidade possível de energia necessária para ocasionar a descontinuidade da estrutura e, por fim, o seu colapso. O peso da própria estrutura tem um papel preponderante na sua fragmentação durante a queda e no impacto com o solo. Para obter uma demolição controlada, com o máximo de fragmentação possível das partes da estrutura, e de forma a evitar que os fragmentos se espalhem para fora da área pretendida, há que escolher o mecanismo de colapso adequado. A escolha do mecanismo de colapso depende de factores que podem influenciar a prossecução do projecto. O mecanismo de colapso a adoptar depende⁶:

⁵ Disponível em http://tecnicaaeist.pt/portallizer/upload_ficheiros/paper%20_%OEEDE.pdf.

⁶ Disponível em http://tecnicaaeist.pt/portallizer/upload_ficheiros/paper%20_%OEEDE.pdf.

- da obtenção da máxima fragmentação da estrutura, com o objectivo da reciclagem e futura reutilização dos materiais constituintes;
- do controlo da projecção dos materiais que resultam da explosão, de modo a limitar a expansão de poeiras;
- da previsão do comportamento da estrutura durante a demolição, para obter um colapso perfeitamente controlado;
- da redução da onda de choque e das vibrações no solo com o emprego de sistemas de atraso no processo das detonações e de sistemas de protecção nas imediações da explosão.

2.3.1.1. Mecanismos de colapso

Existem quatro mecanismos de colapso básicos que podem ser aplicados de forma isolada ou em conjugação com os demais⁷:

- *Mecanismo tipo telescópico*. Este método é aplicado em estruturas telescópicas. Aqui, a acção do próprio peso da estrutura é importante no processo da queda e de impacto com o solo. Como exemplos de aplicação temos as torres de refrigeração das centrais termoeléctricas ou as chaminés de alvenaria ou de betão. Ao realizar-se a demolição de vários troços ao longo da altura da estrutura, em simultâneo ou não, esta acaba por ruir numa área semelhante àquela que ocupava. O movimento de queda da estrutura assemelha-se ao fechar de um “telescópio” (ver figura 7).

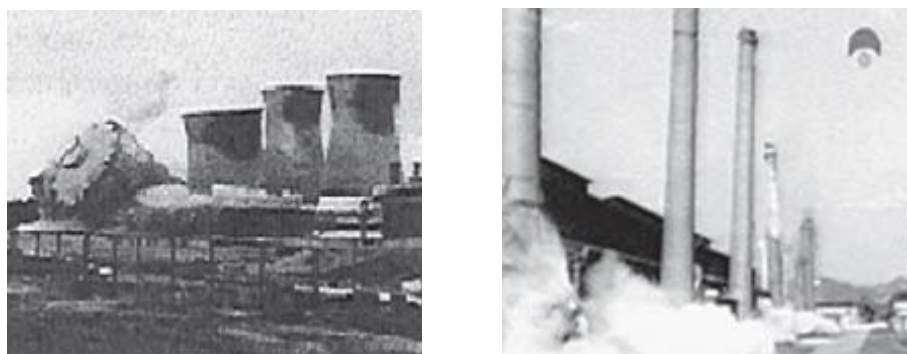


Figura 7 - Demolição pelo mecanismo de colapso tipo telescópico numa torre de refrigeração de uma central termoeléctrica (à esquerda) e num conjunto de chaminés de alvenaria (à direita).

- *Mecanismo tipo derrube*. Empregue em estruturas onde a relação entre a altura e a base é bastante significativa, não existe perigo se o colapso da estrutura for concretizado para um dos seus lados. Como exemplos temos as chaminés, os depósitos elevados e as estruturas de aço e os postes de elevada tensão. A estrutura é derrubada sobre uma área previamente definida, através de um corte na base ou vários em altura, permitindo assim o acesso, a partir do solo, das máquinas à mesma. Este mecanismo de colapso assemelha-se à queda de uma árvore. Neste processo são necessárias menores quantidades de explosivos e menos trabalhos preparatórios. Obtém-se uma maior fragmentação no colapso e no impacto com o solo. Há uma maior precisão do local da queda (ver figura 8).

⁷ Disponível em http://tecnicaaeist.pt/portallizer/upload_ficheiros/paper%20_%OEEDE.pdf.



Figura 8 - Demolição pelo tipo mecanismo tipo derrube da chaminé de uma fábrica na Alemanha (à esquerda) e de um edifício torre (à direita).

- *Mecanismo tipo implosão.* Tem como finalidade a criação de uma descontinuidade, com uma pequena quantidade de explosivos, em certos pontos da estrutura que são normalmente pilares. Esta entra em ruína e, através do seu próprio peso, fragmenta-se o mais possível durante a queda até atingir o solo. A estrutura cede por si mesma, como se algo a tivesse a puxar na direcção do seu centro. Ao longo da altura da estrutura, o explosivo é colocado em determinados pisos. Portanto, este é o método mais utilizado para estruturas de elevado porte (ver figura 9).

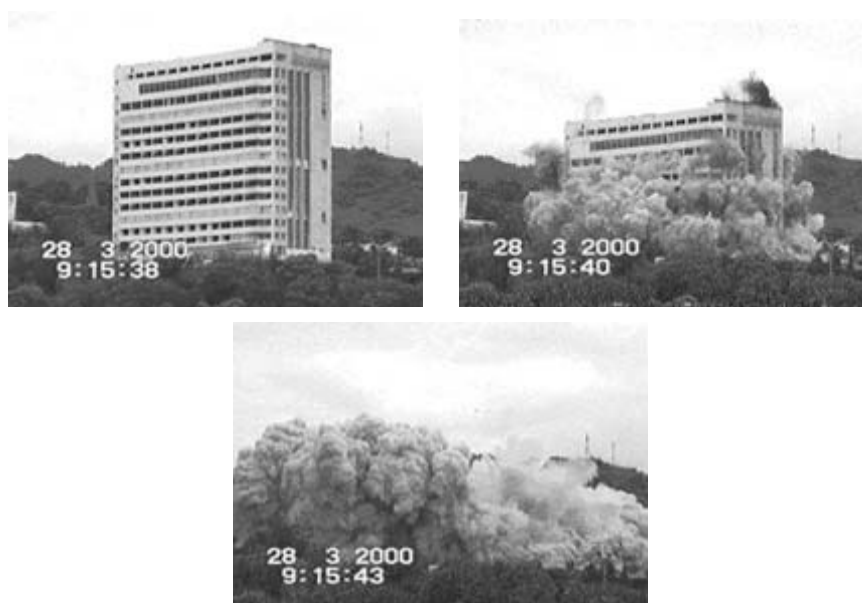


Figura 9 - Sequência/etapas da demolição pelo mecanismo tipo implosão do Hotel Atlantis da Madeira.

- *Mecanismo tipo colapso progressivo.* Este método assemelha-se à queda de peças de um jogo de dominó, isto é, o derrube da primeira peça vai provocar uma queda sequencial das restantes. Por isso, esta técnica é empregue em construções contíguas ou com grande desenvolvimento em comprimento. O início sequencial do colapso é feito através de um dos mecanismos atrás mencionados, geralmente, a implosão. Assim, o início da queda procede-se com o uso de explosivos e a acção é continuada pelo impacto da estrutura inicialmente derrubada. Mas, quando se pretende facilitar o processo poder-se-á colocar explosivos no trajecto do colapso sequencial (ver figura 10).



Figura 10 - Demolição pelo mecanismo tipo colapso progressivo de quatro edifícios, dois a dois (à esquerda) e do Hotel Aladdin em Las Vegas (à direita).

2.3.1.2. Escolha do mecanismo de colapso

A selecção de um ou vários mecanismos de colapso depende do conhecimento adquirido da estrutura a demolir e das limitações impostas pelo meio envolvente. Assim, o colapso de uma estrutura só tem início após a avaliação estrutural do edifício a demolir e a inspecção dos arredores. Esta avaliação consiste na obtenção de toda a informação possível sobre a estrutura a demolir, de modo a seleccionar o melhor método de demolição. As informações pretendidas, entre outras, são as dimensões da estrutura, as partes com capacidade de carga, as juntas ou eventuais pontos que possam afectar o mecanismo e o tipo de fundações. Esta avaliação é adquirida através dos elementos escritos existentes ou, na falta destes, com a realização de testes de carga ou trabalhos de demolição prévios com vista a caracterizar a estrutura, sem esquecer a importância de uma visita à mesma.

A inspecção dos arredores, de forma a caracterizar o meio envolvente, serve para identificar possíveis limitações ao mecanismo de colapso escolhido. Deve ser feita uma análise criteriosa da previsão do comportamento da estrutura face ao emprego dos explosivos. Esta previsão não é feita somente quando ocorre o colapso, mas inclui um estudo sobre a resposta da estrutura aos pontos de fraqueza e às forças introduzidas pelo explosivo, como a remoção de suportes e o consequente movimento adquirido. A análise poderá ser facultada por modelos simplificados ou de cálculo automático. Imediatamente, seguir-se-á a elaboração do projecto, já com o mecanismo adoptado, que contém os trabalhos preparatórios e as quantidades de explosivos necessários, a sua localização e colocação na estrutura, os trabalhos de protecção e a metodologia de segurança e previsão de riscos adoptada.

2.3.1.3. Trabalhos preparatórios

Os trabalhos preparatórios não são nada mais que a remoção de materiais perigosos (tipo amianto), a remoção de divisórias falsas, a remoção de vidros, janelas e portas, ou ainda a realização de trabalhos de pré-enfraquecimento estrutural. Podem ainda incluir a remoção de algumas vigas ou aberturas de vãos em paredes estruturais, tudo com o objectivo de facilitar o colapso.

2.3.1.4. Protecção do meio ambiente às explosões

As protecções do meio ambiente poderão ser constituídas por diferentes materiais, tais como: rede metálica, mantas especiais de borracha, geotêxtil, aglomerados de madeira, etc. Estes são colocadas no interior do edifício, de forma a envolver as peças estruturais onde são depositados os explosivos, ou para tapar os vãos existentes nos pisos seleccionados para a colocação das cargas. A envolvente do edifício é igualmente protegida com o intuito de evitar possíveis projecções de materiais, consistindo na colocação de resguardos metálicos ao nível do solo ou telas a envolver o piso térreo. Mas, pode ainda ser utilizada uma barreira com terra ao nível do solo, no sentido de absorver parte da onda de

choque gerada. Aqui incluem-se trabalhos de protecção inerentes a outros edifícios ou simplesmente redes de serviços na periferia da estrutura.

2.3.1.5. Princípio de funcionamento e tipos de explosivos

O explosivo é um corpo ou uma mistura de corpos susceptível de decompor-se muito rapidamente e liberta brutalmente uma grande quantidade de energia. Assim, de acordo com esta decomposição, foi estabelecida uma classificação dos explosivos em duas grandes categorias (Philip, J., Bouyahbar, F., Muzeau, J., 2006):

- Explosivos deflagrantes. Os explosivos deflagrantes possuem uma velocidade de decomposição que não excede os 1000 m/s. Os efeitos de uma deflagração são assimiláveis a um choque. Os explosivos que deflagram entram na categoria dos nitratos, tendo como principal constituinte o nitrato de amoníaco. O mais conhecido destes explosivos é a pólvora preta que não é mais do que uma mistura de salitre (nitrato de potássio), enxofre e carvão das madeiras. Todavia, a utilização destes é estritamente proibida nas obras públicas.

- Explosivos detonantes. Os explosivos detonantes possui uma velocidade de decomposição mais elevada que a do anterior (1500 a 8000 m/s). Os efeitos de uma detonação são assimiláveis a um choque.

Os explosivos deste tipo, mais conhecidos, são as dinamites. Os explosivos detonantes entram na categoria dos explosivos nitrados. Apresentam-se sob a forma de pó ou massa (os plásticos), ambos os dois à base de nitroglicerina.

2.3.1.6. Características dos explosivos

Quaisquer que sejam as categorias a que os explosivos pertencem, estes possuem características particulares, tais como (*idem*):

- *A potência.* Exprime o trabalho útil efectuado pelo explosivo, em função do volume de gases libertado e da temperatura. A potência exprime-se em relação ao explosivo de referência: ácido derivado de nitrato de fenol. A potência varia entre 1.3 a 1.8 para as dinamites.

- *A aptidão de um explosivo no processo de esmagamento.* Exprime o poder esmagador que, por sua vez, depende da pressão máxima do gás e da velocidade com que se estabelece esta pressão. A aptidão de um explosivo no processo de esmagamento exprime-se em relação ao explosivo de referência: o ácido derivado do nitrato de fenol. Esta varia entre 0.6 e 1 para as dinamites.

- *A velocidade de detonação.* Esta propriedade exprime a velocidade de propagação da onda explosiva na massa do explosivo. A velocidade de detonação depende da natureza do explosivo, da homogeneidade dos elementos construtivos e do seu início/começo.

- *A sensibilidade.* Convém fazer a distinção entre as diversas sensibilidades:

- a sensibilidade do início/começo - os explosivos actuais são sensíveis a 2 gramas de fulminato de mercúrio;
- a sensibilidade aos choques - determinada pela maior altura que se pode dar a um peso standardizado para provocar a explosão. Nas dinamites, a sensibilidade varia entre 14 a 60 N.m;

- o coeficiente de auto-excitação - dado pela distância máxima para qual o cartucho é susceptível de fazer explodir outro do mesmo tipo. O coeficiente de auto-excitação, para as dinamites, está compreendido entre 4 a 10 cm.

- *A resistência à humidade.* Como se sabe a nitroglicerina é insolúvel à água, mas, em contrapartida, os restantes constituintes dos explosivos são sensíveis à humidade.

- *A sensibilidade à temperatura.* A nitroglicerina é sensível ao gelo. Se a temperatura de utilização atingir os $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, tem de ser utilizada uma mistura de nitroglicerina/nitro glicol. Independente do explosivo utilizado, a sua aplicação em obra passa pela execução de uma cadeia pirotécnica.

2.3.1.7. Material pirotécnico

A cadeia pirotécnica inclui a carga explosiva, o dispositivo do começo da detonação e de ignição (ver figura 11).

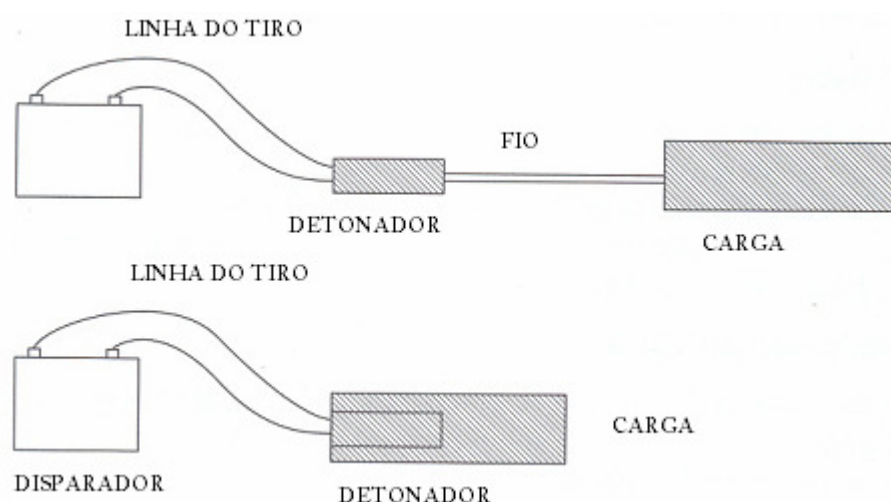


Figura 11 - Cadeia pirotécnica com ou sem fio detonante.

A *carga explosiva* assume diferentes formas de acordo a natureza dos produtos. Assim sendo, pode ter-se:

- Cartuchos: dinamites, explosivos nitrados;
- Granulados: nitrato de óleo de combustível;
- Papa ou gel: para determinadas dinamites.

O *dispositivo do início da detonação* origina a onda de choque inicial. Existem dois tipos de detonadores, por pavio e eléctrico. O detonador por pavio é constituído por um tubo de alumínio fechado numa das extremidades e separado por um opérculo, com a finalidade de deixar passar as faíscas do pavio. Assim sendo, a parte fechada do detonador compreende uma parte explosiva e uma carga do início da detonação (ver figura 12). Por sua vez, o detonador eléctrico é composto por um tubo fechado nas duas extremidades. Tal como o detonador de pavio, este integra igualmente uma carga explosiva e uma carga de início da detonação. Mas, contrariamente ao processo de detonação por pavio, o início opera-se através de um filamento afogado em pólvora de ignição (ver figura 13).

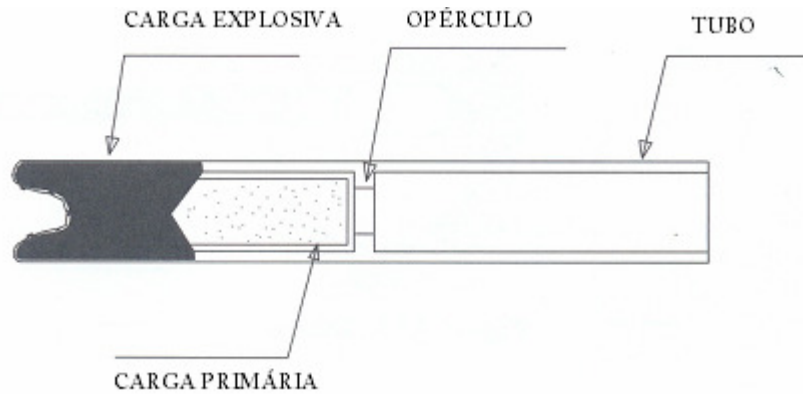


Figura 12 - Detonador com pavio.

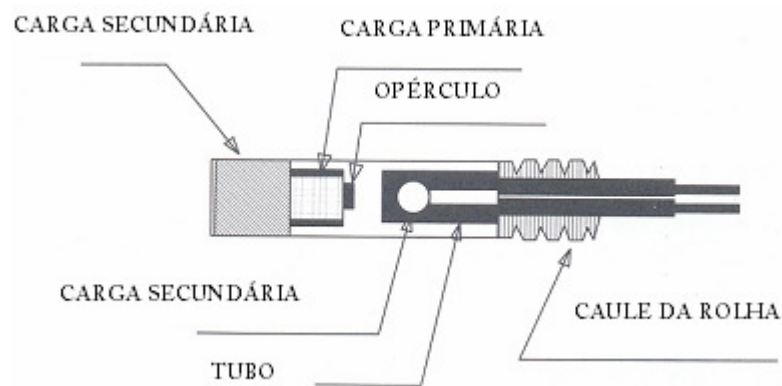


Figura 13 - Detonador eléctrico.

Os detonadores de atraso compreendem os mesmos elementos que os detonadores eléctricos. O atraso é obtido intercalando uma pólvora retardada entre a pólvora de ignição e o explosivo do começo/início (ver figura 14). Existem duas séries de detonadores de atraso como:

- os detonadores de atraso “ordinários”, para os quais o desfasamento entre dois números são de 1/2 segundo, numerados de 0 (instantâneos) a 12, isto é, de 0 a 6 segundos;
- os detonadores de micro-atraso, para os quais o desfasamento entre dois números é de 25/100 de segundo, numerados de 0 a 20, isto é, de 0 a 0.5 segundo.

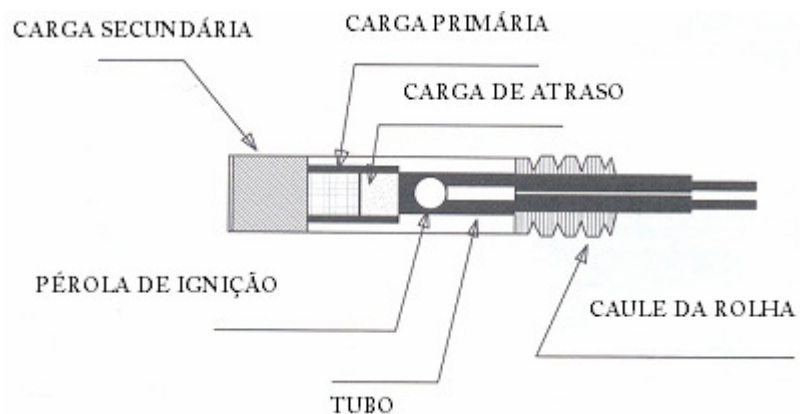


Figura 14 - Detonador de atraso.

De acordo com a intensidade necessária para inflamá-los, distinguem-se os seguintes detonadores:

- baixa intensidade (0,35 A);
- média intensidade (1,00 A);
- elevada intensidade (7,00 A).

O que liga as diferentes cargas entre os dispositivos de detonação é designado por fio detonante. Entre duas cargas é possível fixar uma “retransmissão de detonação” que para a propagação da onda de choque tem uma duração que pode ir de 5/1000 a 25/1000 de segundo.

Por fim, o *dispositivo de ignição* é a origem da cadeia pirotécnica. Então, convém distinguir:

- a ignição por meio de um pavio - este processo baseia-se na inflamação de um cordão de pólvora cercada de vários cotovelos de juta (ver figura 15). A velocidade de combustão do pavio é traduzida numericamente por 1/90 m/s, com um desvio de, mais ou menos, oito segundos;
- a ignição eléctrica - realizada unicamente com um dispositivo explosivo e a exclusão das baterias. Contudo, como não se conhece com precisão o estado de carga do dispositivo eléctrico, poderão existir riscos de insucesso.

Neste seguimento, é de referir ainda que a cadeia pirotécnica permite a aplicação dos explosivos de acordo com diferentes técnicas.

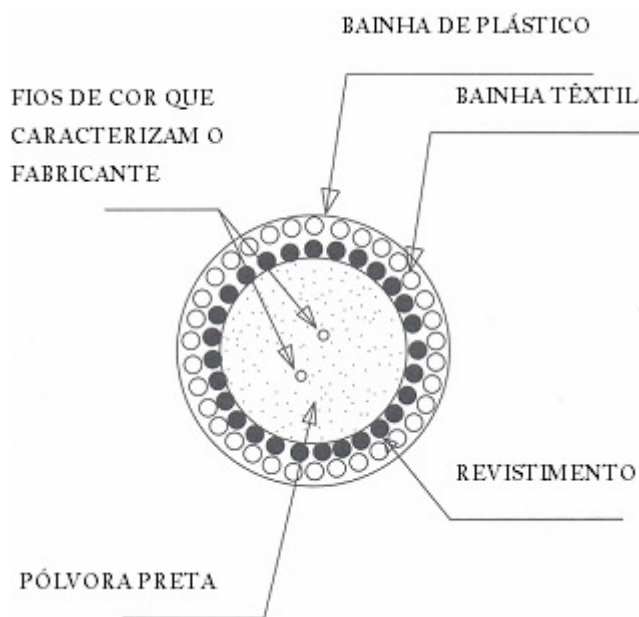


Figura 15 - Pavio (corte).

2.3.1.8. Aplicação em obra

Como se sabe, quando se recorre ao explosivo na demolição de uma obra, este pode ser aplicado de diferentes maneiras, concretamente em (*idem*):

- *Cargas aplicadas*. Este método consiste em aplicar, numa parte da superfície da obra a demolir, uma ou várias cargas que são geralmente cobertas com argila (ver figura 16). A onda de choque produzida conduz à sua destruição, mas o rendimento originado é muito fraco. O recurso a este método é cada

vez mais baixo, devido ao facto de provocar elevados danos sonoros. Por este motivo, certos donos de obra proibem-nos nas suas demolições.

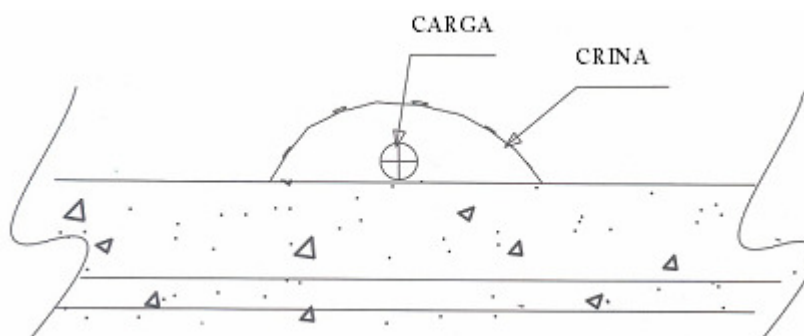


Figura 16 - Carga aplicada sobre um pavimento.

- *Cargas de abalo*. Neste processo, o explosivo é colocado dentro da construção a demolir. A obra é tornada aberta para a obturação das aberturas, sendo de seguida preenchida de água. A transmissão de fortes pressões, de maneira uniforme sobre as paredes, é provocada pelo aumento súbito do volume gasoso num meio que se encontra incompressível. Este é um método utilizado com sucesso para demolir os *blocausses* (abrigos militares fortificados), uma vez que este tipo de construções apresenta como vantagem a existência de poucas aberturas.

- *Cargas ocas*. Inicialmente, as cargas ocas eram utilizadas para a furação de tanques blindados. Actualmente, são usadas para criar pontos fracos na estrutura a demolir.

O seu princípio de funcionamento é traduzido por: o explosivo é modelado entre um envelope exterior e uma cúpula metálica (ver figura 17). A cimeira da cúpula, sob a detonação, age como um projectil que repele sucessivamente as partes vizinhas. Por conseguinte, o metal concentra-se num dardo afilado, dotado de uma velocidade superior à da detonação, podendo atingir os 1000 m/s.

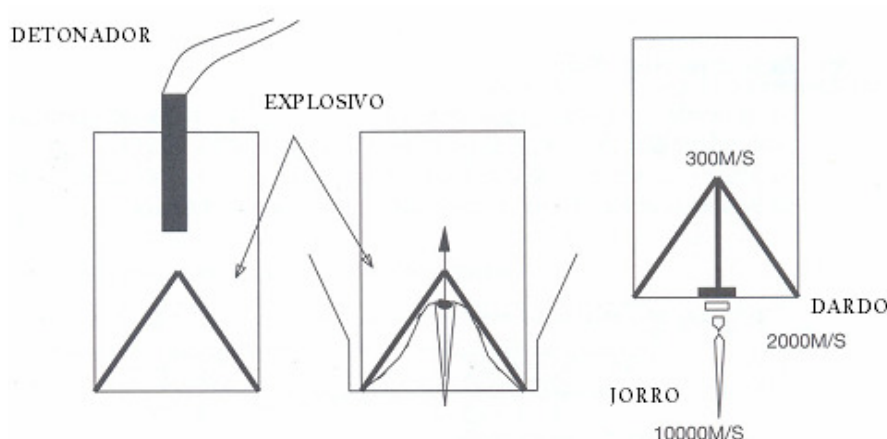


Figura 17 - Carga oca. Formação do Dardo.

- *Cargas embutidas*. Este método é frequentemente utilizado, devido à sua eficácia e rendimento. O seu tempo de preparação é significativo e integra 3 fases:

- 1) a furação;
- 2) o carregamento;
- 3) o tiro.

Convém salientar que cada carga é identificada pelas seguintes características:

- determinação;
- comprimento de furação;
- característica do começo;
- peso do explosivo.

Na prática, constata-se que este processo tem melhor desempenho que o processo das cargas aplicadas.

2.3.1.9. Tiro sobre pressão de água

Baseia-se na furação de buracos de mina de 45 m de diâmetro sobre uma profundidade de 1.50 m a 4m, de acordo com uma malha de 40 a 60 cm. O explosivo é colocado em obra como uma carga embutida. O processo de enchimento é proporcionado por uma rolha pneumática que comporta uma cânula de injeção (ver figura 18). A água é enviada, por um reforçador, ao interior da cavidade. A pressão ronda os 45 Mpa em menos de um minuto. A ignição do cartucho é comandada electricamente. Na deflagração, que acontece na água, a fracção de energia transformada em onda de choque é mais elevada do que a detonação ocorrida no espaço ar. Mas, a vantagem deste método reside na detonação sem barulho, sem abalo e sem projecções.

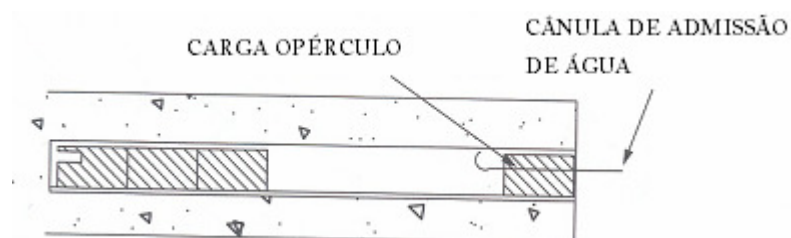


Figura 18 - Tiro sobre pressão de água.

2.3.1.10. Perímetro de segurança

Face aos muitos riscos inerentes à demolição com o recurso ao explosivo, aquando de cada tiro, é necessário salvaguardar a existência de um espaço/ perímetro de segurança. Neste tipo de demolição subsiste sempre o risco de projecções de detrito, mas estas projecções não são consecutivas a partir das cargas. Com efeito, todas as partes minadas são cobertas de redes metálicas soldadas, portas de recuperação, fardos de palha, bem como envolvidas por um geotêxtil.

Em contrapartida, na ruptura de partes da obra em betão é susceptível, por compressão, a projecção de detritos a uma distância de aproximadamente 20 m. Por esta razão, e no sentido de minimizar os riscos gerados pelas projecções, é estabelecido um perímetro de segurança de aproximadamente 200 m a partir da construção que é objecto do tiro. Antes de dar início à detonação, procede-se à detecção de produtos perigosos.

2.3.1.11. Recurso ao explosivo: vantagens e inconvenientes

As vantagens relacionadas com a demolição através de explosivos traduzem-se na economia, na rapidez e na eficácia. Por sua vez, os inconvenientes da sua utilização são bastantes numerosos, entre estes destaca-se a poeira, as projecções dos materiais e os danos causados pelas vibrações.

A poeira é um elemento que dificilmente pode ser evitado. A única solução possível para minorar tal efeito consiste em molhar a nuvem de poeira, de forma a acelerar a sua precipitação.

A projecção dos materiais pode ser limitada com a obturação das aberturas por meio de palha e rede metálica soldada. Seguidamente, envolve-se os andares com geotêxtil.

Os danos vibratórios são causados pela sobrepressão aérea que decorre da explosão no ar e da onda de choque de vibração face à detonação de uma carga confinada. A sobrepressão aérea pode ser amortecida com a distância relativamente à carga. A onda de choque pode ainda provocar problemas nas construções vizinhas.

O uso de explosivos continua ainda a ser restrito em locais sensíveis e muito densos. Em Portugal ainda se procede à demolição de edifícios de alvenaria de pedra, no entanto, num futuro próximo estará o fim do período da vida útil dos edifícios de betão armado. Nesta perspectiva, há que ponderar a aplicação de novas técnicas de demolição mais rentáveis e menos poluidoras. Constata-se que a aplicação controlada de explosivos já é uma técnica muito utilizada na Europa, nos Estados Unidos, no Japão e em outros países, e poderá ser uma alternativa em Portugal.

2.3.2. MÉTODO POR ONDA DE CHOQUE: O MÉTODO CARDOX.

O método cardox é um modo de fragmentação da rocha ou de betão armado que, em obra, produz o efeito de abrandamento do gás, não se tratando de um sistema explosivo. Por esta razão, é o mais indicado em meios sensíveis (*idem*).

O seu princípio de funcionamento baseia-se no abrandamento brusco do anidrido carbónico fortemente comprimido, basicamente a partir de um buraco de mina.

O cartucho do Cardox é constituído por três partes (ver figura 19):

- a cabeça de ignição;
- o corpo do tubo;
- a cabeça do tiro.

As duas cabeças são conectadas, por parafuso, nas extremidades do tubo.



Figura 19 - Cartucho Cardox.

Antes da aplicação do cartucho em obra, este envelope é mantido fechado por uma membrana de aço (disco de ruptura), cuja resistência mecânica é inferior à das paredes. Contém uma composição que aquece e um gás carbónico liquidificado.

A combustão da composição aquecida no interior do cartucho é provocada por uma ignição eléctrica. A combustão tem como objectivo levar o gás carbónico a uma pressão suficiente para quebrar o risco de ruptura e espalhar-se no buraco de uma mina (tempo de acção: 20 a 40 ms).

Este método como todos os outros tem as suas vantagens e inconvenientes. Por conseguinte, as suas vantagens são:

- segurança de utilização;
- nenhum risco de explosão devido ao choque;
- nenhuma vibração;
- economia.

Por fim, os inconvenientes traduzem-se no(a):

- raio de acção reduzido (0,50 a 0,80 m);
- método ruidoso;
- demolição não controlável.

Este método surge como uma alternativa de destruição de grandes maciços, quando a utilização do explosivo não é recomendada.

2.3.3. MÉTODO POR EXPANSÃO: O CIMENTO EXPANSIVO.

A utilização de cimentos expansivos na demolição de maciços grandes é dos mais adequados em termos de ruído. No entanto, age sob uma maior duração.

Este método consiste em pressões provocadas pela expansão dos materiais (à base de cal viva) (ver figura 20). Realizam-se buracos de mina de 35 a 80 mm de diâmetro. Seguidamente, coloca-se nestes a cal hidratada. Após 72 horas, a pressão desenvolvida atinge aproximadamente 30 MPa. E, para acelerar o processo, introduz-se no buraco da mina uma resistência aquecida. Os efeitos são os mesmos quer tanto neste método, quer tanto no método Cardox. Apesar de se tratar de um fenómeno mais silencioso, a sua acção é mais longa que a do Cardox.

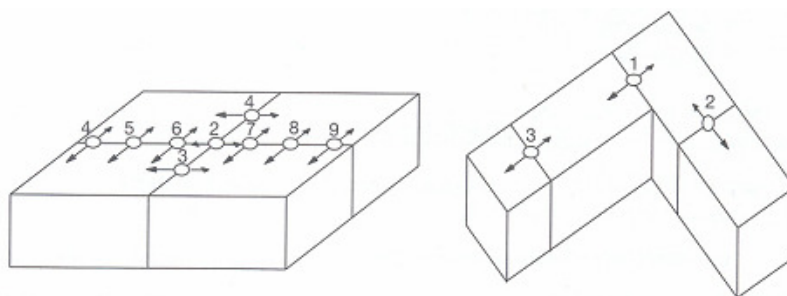


Figura 20 - Aplicação/efeito em obra do cimento expansivo.

2.4. MÉTODOS TÉRMICOS

Para além dos métodos manuais, mecânicos e dos métodos com recurso a explosivos, existem os métodos térmicos utilizados igualmente na demolição de uma obra. Este método teve origem com o corte do ferro, mas as suas técnicas energéticas evoluíram e este passou a ser usado para o corte do betão.

Actualmente, os métodos correntes mais utilizados são, designadamente (*idem*):

- o corte através de maçaricos de oxiacetilénico;
- o corte através de maçaricos de pó;
- a perfuração térmica com oxigénio.

2.4.1. CORTE ATRAVÉS DE MAÇARICOS DE OXIACETILÉNICO

Método muito requisitado em estaleiros de demolição, na parte do corte do ferro. Funciona por meio de uma mistura de oxigénio e de acetileno, propiciando uma combustão com uma temperatura suficiente para derreter o metal. Contudo, o seu emprego é restringido aos materiais ferrosos.

Este processo é de simples aplicação e tem a vantagem de não provocar um barulho substancial, nem vibração, mas convém reforçar que o seu emprego tem limitações, no que diz respeito ao corte de vigamentos metálicos e aos reforços de betão armado, quando suficientemente desobstruídos.

2.4.2. CORTE ATRAVÉS DE MAÇARICOS DE PÓ

Como se sabe o maçarico de oxiacetilénico utiliza unicamente o calor, tornando assim possível a introdução de partículas de metal. Esta técnica deu origem ao maçarico de pó.

Este método consiste em derreter o material. O seu princípio de funcionamento baseia-se em: finas partículas, com granulometria muito pequena, de uma mistura de ferro e de alumínio que são projectadas na proximidade do dardo aquecido. As partículas queimam fortemente a periferia do jorro de oxigénio, originando uma temperatura muito elevada deste último. A oxidação do alumínio e a combustão do ferro produz uma energia substancial (principalmente o alumínio).

O pó metálico engloba um triplo papel:

- o térmico - relacionado com a sua combustão que origina uma temperatura elevada do jorro de oxigénio (cerca de 4000 a 5000 °C), facilitando assim a oxidação dos componentes do material a cortar.;
- o químico - traduzido nos óxidos resistentes ao calor, que funcionam como um fundente. Estes óxidos baixam a fusão do betão para 1700 °C, uma vez que esta se situa a cerca de 3000 °C;
- o cinético - incumbe às partículas projectadas a limpeza da sangria/corte, com um comportamento como o da areia.

O equipamento incorpora (ver figura 21):

- o maçarico pulverizador;
- os órgãos de alimentação e armazenamento do pó;
- o combustível (oxigénio e acetileno).

É particularmente utilizado no corte de peças metálicas de secção significativa e de betão armado ou não.

No que se refere à temperatura elevada e às faíscas será necessário proteger o pessoal e o ambiente, bem como, no caso do betão, o escoamento do leiteiro com uma temperatura de aproximadamente de 1900 °C.

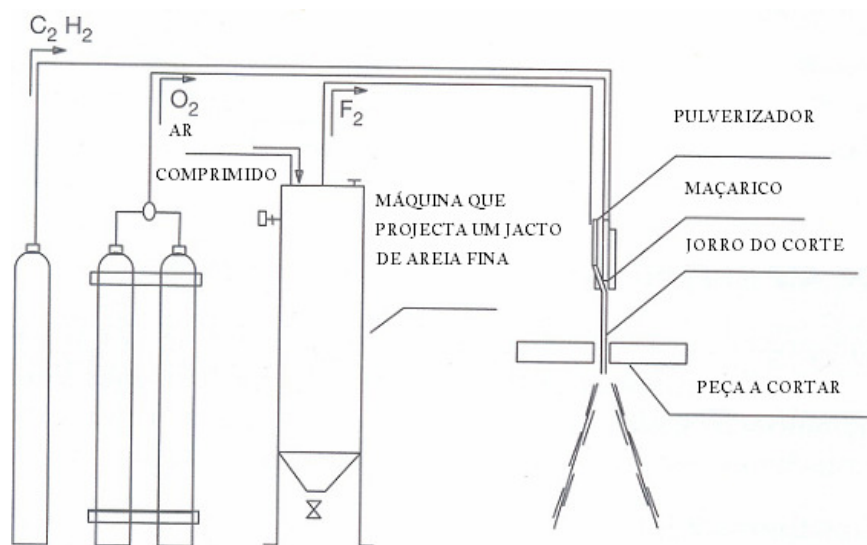


Figura 21 - Princípio de corte com o maçarico de pó.

2.4.3. PERFURAÇÃO TÉRMICA COM OXIGÉNIO

Baseada na combinação das acções de gás e de metal, a perfuração térmica com oxigénio assemelha-se ao maçarico de pó. Inicialmente utilizada nas fundações para desentupir os buracos de vazamento veio, posteriormente, estender-se à demolição do betão (ver figura 22).



Figura 22 - Corte de uma parede.

O corte do betão é executado através de perfurações sucessivas, com a possibilidade de efectuar quer buracos tangentes, quer buracos espaçados, no que se refere à deslocação interna. Para realizar a perfuração é preciso aplicar, contra a obra a cortar, a extremidade que está a vermelho de uma bainha metálica com o interior desta, injectada com oxigénio. Consequentemente, a lança de oxigénio interage com uma tripla acção: térmica, química e cinética.

A acção térmica identifica-se com o maçarico de pó, isto é, por elevação da temperatura do jorro de oxigénio por um contributo metálico.

A acção química corresponde à redução da temperatura de fusão do betão ($1700^{\circ}C$, em vez de $3000^{\circ}C$), por intermédio do contributo de óxidos resistentes que desempenham o papel de fundente.

Por fim, a acção cinética procede com o jorro de oxigénio sob pressão e ejecta o leiteiro em fusão para fora do buraco de perfuração.

Relativamente ao material utilizado (ver figura 23):

O estaleiro de perfuração térmica com oxigénio detém garrafas de oxigénio, um circuito de distribuição (tubo flexível, manómetros), um porta lança e respectiva lança, bem como um ecrã metálico de protecção. Geralmente, são utilizados tubos com um diâmetro de 13 mm, de 17 mm ou 21mm. Quando se pretende realizar furações mais significativas faz-se uma ligação de várias lanças entre elas, através de uma cunha de madeira (ver figura 24).

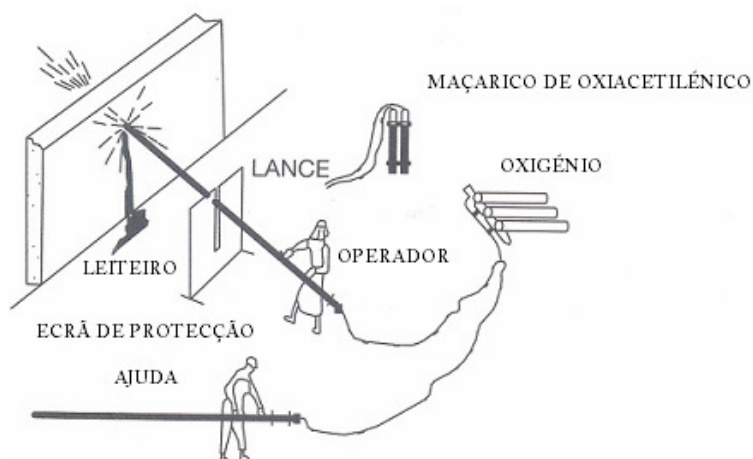


Figura 23 - Posto de perfuração térmica com lança.

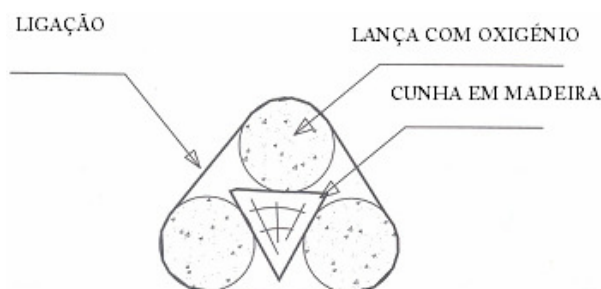


Figura 24 - Agrupamento de várias lanças.

Quanto às vantagens e inconvenientes:

As vantagens parecem pela eficácia no corte do betão armado e pré-esforçado, pela ausência de vibração, ruído e choque e, também, pela facilidade de emprego do material.

Entre os inconvenientes está a falta de precisão do corte em relação à utilização de instrumentos diamantados, a emissão de fumos, as projecções e vazamentos do leiteiro.

2.5. OUTROS MÉTODOS

2.5.1. O CORTE COM JACTO DE ÁGUA A ELEVADA PRESSÃO

Esta técnica, igualmente designada por hidro-demolição, baseia-se na projecção de uma rede de água a elevada velocidade (600 m/s a 900 m/s), por meio de um orifício de pequeno diâmetro (0,05 a 0,15mm).

O diâmetro do jacto de água, em contacto com o material a cortar, corresponde com o diâmetro do orifício. O jacto de água só consegue cortar o material se atingir aproximadamente uma pressão de 40000 MPa, galvanizando o corte do material por arrancamento. Para conseguir melhores resultados com o betão, procede-se à adição de aditivos abrasivos.

2.5.1.1. Vantagens e inconvenientes

O jacto de água tem a particularidade de cortar materiais espessos. Enumeram-se como vantagens a ausência de aquecimento para derreter o material no corte, a colocação a nu da armadura do betão armado, a ausência de libertação de gases tóxicos e a pouca deformação da matéria.

Como inconveniente refere-se o risco eléctrico ligado à utilização da água.

2.6. MÉTODOS INOVADORES NA DEMOLIÇÃO DE CONSTRUÇÕES

O desmoronamento apresenta vantagens sobre a demolição mecânica, no que se refere à rapidez de execução e na minimização dos incómodos causados aos residentes.

Quando a demolição é feita com o recurso ao explosivo todos os trabalhos de preparação são executados no interior do edifício. Existe a preocupação da organização do perímetro do tiro, derivada dos problemas inerentes à segurança.

Consequentemente, a demolição por tubos de avanço é uma alternativa à demolição por meio de explosivos. Contudo, terá que existir um estudo sobre a envolvente do edifício e também da estrutura do edifício.

2.6.1 DEMOLIÇÃO POR TUBOS DE AVANÇO

2.6.1.1. Princípio do novo método de demolição

É principalmente utilizado em demolições de construções elevadas em zonas urbanas densas ou sensíveis ao recurso do explosivo, devido a acarretarem problemas de vizinhança.

A técnica do método consiste em balançar a parte superior de um edifício sobre os seus elementos portadores. Esta massa em movimento esmaga consecutivamente a parte inferior. Dito de outra forma: há a aplicação de uma força horizontal sobre o pavimento do andar devidamente tratado e contraventado, que origina o balanceamento da parte superior cujo movimento esmaga a parte inferior (ver figura 25).



Figura 25 .- Princípio da demolição por avanço.

2.6.1.2. Âmbito dos trabalhos

Técnica que comporta “cortinas” portadoras e divisões destinadas a retomar os esforços laterais de um edifício.

As divisões de um piso são suprimidas, fazendo com que a parte do edifício localizada acima se torne susceptível de se deslocar lateralmente. No entanto, existem contraventamentos provisórios equipados com macacos para conservar a estabilidade da estrutura.

2.6.1.3. Faseamento dos trabalhos

Em qualquer operação de construção existe uma fase de estudos e uma fase de trabalhos (*idem*).

Na fase de estudo é realizado o estudo do funcionamento da estrutura e o cálculo da massa do edifício a balançar, com a finalidade de esmagar a parte inferior. A fase de trabalhos é constituída por várias etapas.

A primeira etapa consiste em colocar uma série de contraventamentos provisórios, para assegurar a estabilidade da estrutura e o reforço desta aquando do avanço dos macacos. Os contraventamentos que propiciam a estabilidade das “cortinas” portadoras devem ser facilmente escamoteáveis no momento do avanço.

A segunda etapa está relacionada com a preparação dos portadores. Estes portadores levam um traço da serra de aproximadamente 5 cm, tanto no pé como na cabeça, a uma altura determinada por cálculos.

Na quarta etapa são instalados macacos hidráulicos de avanço lateral. Realizam-se cortes sobre o pavimento elevado do piso já tratado, com a finalidade de dessolidarizar a laje do pinhão e de criar cortes para alojar os macacos hidráulicos.

Por fim, a etapa do avanço lateral exercido pelos macacos provoca o desmoronamento do edifício.

2.6.1.4. Vantagens e inconvenientes

Limita as operações de preparação antes de ocorrer o desmoronamento. A demolição por avanço necessita apenas da preparação de um único nível/piso, enquanto que a demolição por meio de explosivos de um edifício de altura considerável precisa da preparação de vários andares, conduzindo a uma redução dos prazos de execução e dos danos (vibratórios e acústicos como no uso do explosivo).

É um método que recorre à utilização de macacos hidráulicos que funcionam como sistema de avanço. No decurso de desmoronamento da obra pode verificar-se a ruptura dos tubos flexíveis de alimentação, o que pode traduzir-se numa poluição dos escombros. A melhoria da técnica reduziu o inconveniente descrito com a utilização de tubos de avanço de expansão de gases.

O tubo de avanço pirotécnico é composto, externamente, por (ver figura 26):

- um parafuso de descarga dos gases;
- uma peça metálica que faz o contacto do retorno da corrente;
- uma peça metálica que faz o contacto com a aplicação da carga de ignição.



Figura 26 - Tubo de avanço pirotécnico (externamente).

E, internamente, por (ver figura 27):

- fio de alimentação eléctrica;
- disco de ruptura;
- aberturas de ventilação;
- ignição eléctrica;
- cartucho propulsivo: geração de gases;
- corpo do macaco;
- pistão do macaco.

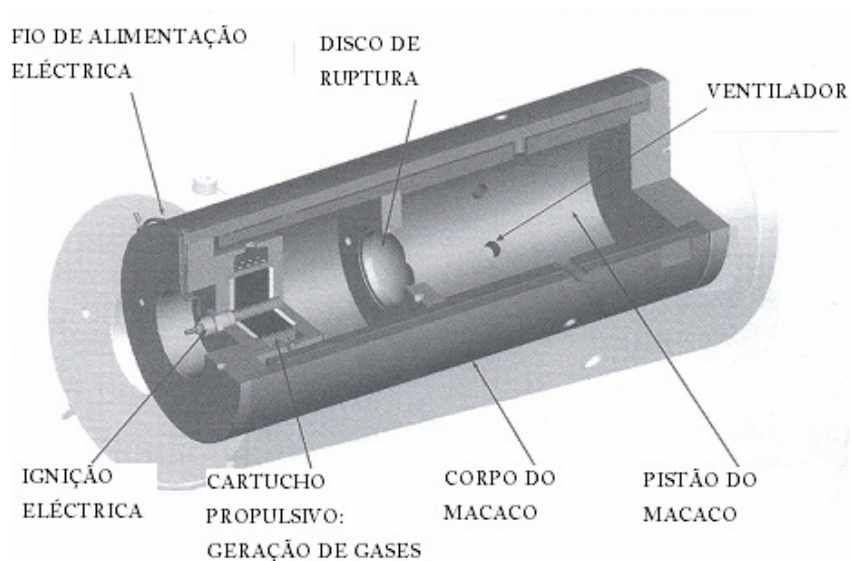


Figura 27 - Tubo de avanço pirotécnico (internamente).

A ignição eléctrica do pó propulsivo dá-se dentro de uma câmara de combustão: a parte móvel do macaco (que é um tubo de cerca de 0,5 m) de recuperação da câmara do tiro. No instante da detonação, os gases gerados pela ignição provocam a deslocação do tubo de recuperação e origina um avanço de 600 KN.

A sua adaptação à estrutura é obtida pela fixação de tubos petroleiros, nas duas extremidades do dispositivo, com ajustamentos por meio de caules rosqueados.

CAPÍTULO 3

EXEMPLOS DE DEMOLIÇÃO: A DEMOLIÇÃO MECÂNICA, SUAS DIFERENÇAS NO TIPO DE OBRA A DEMOLIR.

As diferentes características de uma demolição mecânica concernem no tipo de obra a demolir. Com o intuito de as assinalar, segue-se a apresentação de uma demolição mecânica de três construções distintas (*idem*):

- de uma torre de estrutura metálica,
- do corte de uma parte de habitação em betão armado;
- de uma ponte estreita em betão armado.

3.1. A DEMOLIÇÃO DE UMA TORRE DE ESTRUTURA METÁLICA

As características da construção a demolir são, designadamente:

- área bruta de pavimento: $23 \times 20.5 \text{ m}^2$;
- 3 andares baixos e 15 andares na superestrutura.

Os pavimentos são constituídos por pré-lajes, com apoio sobre o núcleo central (em betão armado) e sobre as fachadas. As fachadas localizadas a Este e a Oeste são constituídas por muros cortinas fixados sobre as vigas e os pilares metálicos da fachada, enquanto que as que se encontram a Norte e a Sul são formadas por cortinas de betão armado.

O estaleiro de demolição corresponde a uma etapa com início depois do tratamento do transformador e da descontaminação dos locais que comportam elementos com amianto. Trata-se de uma operação que corresponde à instalação de plataformas elevatórias, circunscrevendo toda a construção. As plataformas elevatórias têm como funções a protecção anti-queda (envolvendo a construção até ao andar tratado) e a elevação de material e pessoal operário.

Após a execução das plataformas, segue-se a realização de um conjunto de tarefas por andar, tais como:

- a criação de tremonhas de evacuação (uma para o ferro e outra para os escombros; os elementos de fachada são reduzidos através das plataformas);
- a remoção das fachadas Este e Oeste;
- a demolição das fachadas Norte e Sul;
- a demolição do núcleo central;
- o basculamento das estruturas metálicas.

A demolição é executada por meio de “mini-engenhos”, sendo que à priori é realizado um ensaio prévio de carregamento no ponto mais desfavorável do pavimento. Por motivos de segurança, os dois andares imediatamente inferiores ao andar demolido são apoiados por escoras metálicas que funcionam à compressão.

Os três andares inferiores foram demolidos através de uma pá hidráulica. Convém denotar que a definição do nível a partir do qual o empreiteiro pode executar a demolição através de uma pá hidráulica, está condicionada pelo material que utiliza. Então, por questões de segurança, a extremidade do braço da pá deve atingir uma altura de 2 m, superior à parte da obra a demolir. O braço deve fazer, em relação ao plano horizontal, um ângulo que não pode exceder os 45°.

3.2. CORTE DE UMA “BARRA” DE HABITAÇÃO DE BETÃO ARMADO

Este processo tem como finalidade a demolição parcial de uma “barra” de habitação, com o intuito de a transformar em duas torres. A dificuldade deste processo reside no facto do corte ser realizado fora das juntas de dilatação.

Relativamente às características da construção, o edifício em questão compreende 7 caixas de escadas e representa uma construção R+10. Este compreende uma estrutura de betão armado (pilares, vigas e divisórias) com pavimentos contínuos.

Neste procedimento impõem-se duas condições:

- vibrações muito fracas nas partes conservadas;
- manutenção das características de estabilidade da estrutura conservada.

Neste tipo de operação existem duas medidas que permitem limitar as vibrações sob um limiar tolerável, ou seja, minimizar as vibrações na parte conservada, traduzindo-se no(a):

- corte dos pavimentos de uma largura de 3 mm, para evitar a transmissão das vibrações às partes conservadas;
- utilização de uma pinça de betão, em vez do martelo hidráulico.

3.2.1. CONSERVAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA COM O FIM DE EVITAR QUALQUER DESORDEM POSTERIOR

3.2.1.1. Fundações

A área da construção demolida não é reutilizada. Neste caso, o revestimento de protecção é conservado, assim como as longrinas e as fundações.

Para garantir a circulação das águas será realizada uma perfuração segundo uma malha de 2*2 m².

3.2.1.2. Supressão do revestimento de protecção

Há certas precauções que devem ser tidas em conta, por exemplo na demolição de uma parte da construção o solo fica descomprimido. Certos parâmetros que caracterizam o solo são alterados, como por exemplo a coesão. Consequentemente, será necessário reconstituir a ancoragem das fundações da parte demolida através de micro-estacas.

3.2.1.3. Apoio dos pavimentos sobre vigas

Os pavimentos da construção são realizados segundo o princípio de pavimentos contínuos, por conseguinte, são hiperestáticos.

O corte deve ser realizado ao direito das extremidades dos aços ou armaduras em forma de chapéus (situados ao nível da cobertura elevada do pavimento), cujo comprimento e posição deve ser calculado previamente. Posteriormente, é construído um muro pinhão que terá um duplo papel, o da resistência e o da isolamento.

3.2.1.4. Metodologia

Tendo em conta a proximidade imediata das partes conservadas, não se utiliza meios pesados para os andares superiores. Com efeito, a demolição é executada com mini-engenhos equipados de pinças de betão que acedem aos andares por meio da plataforma elevatória.

Este processo implica a prosseguimento da seguinte metodologia:

- execução de pinhões (que permite reconstituir momentos negativos);
- elevação de material através de uma grua telescópica;
- escoramento/ fortalecimento;
- serração/ corte;
- tasquinamento dos pavimentos elevados.

A evacuação dos detritos de demolição efectua-se por intermédio de tremonhas, situadas dentro das fachadas, de forma a evitar a poeira e a filtrar os barulhos aéreos.

3.3. DEMOLIÇÃO DE UMA PONTE ESTREITA DE BETÃO PRÉ-ESFORÇADO

A ponte em questão, adaptada como galeria comercial, apresenta uma superfície de 27*27 m².

A estrutura é constituída por:

- um pórtico de betão armado em cada extremidade;
- um pórtico duplo à direita da junta de dilatação;
- catorze vigas de betão pré-esforçado por fios aderentes que retomam um pavimento em pré-lajes;
- um conjunto de pórticos de betão armado que retomam as vigas de betão pré-esforçado em pós-tensão.

A sua aplicação quer fora de água, quer fora de ar é assegurada por uma caixa de aço, fixada sobre uma ossatura metálica.

Neste tipo de demolição, as duas principais dificuldades a controlar consistem na:

- demolição em sítio urbano, por cima de uma via com grande circulação, impossibilita a utilização de andaimes;
- presença de elementos estruturais em betão pré-esforçado.

Inerente à demolição em sítio urbano, por cima de uma via de grande circulação:

- este local impossibilita a utilização de andaimes, havendo a necessidade de proceder à instalação de protecções necessárias para evitar qualquer risco de queda do pessoal e, ainda, evitar que algum material caia acidentalmente sobre a calçada ou via.

O procedimento integra:

- de acordo com o corte da obra, o tubo é constituído por dois meios cascos;
- inicialmente, a cobertura foi depositada e a estrutura conservada;
- posteriormente, o meio casco foi içado através de cabos de aço muito fortes, enquanto que o meio casco inferior desempenhou o papel de guarda-chuva de protecção contra a queda de detritos e do pessoal operário.

Assim, a demolição de superestruturas pode ser executada sem riscos.

As pré-lajes foram depositadas e demolidas. Os escombros resultantes das pré-lajes foram recuperados como revestimento da parte inferior da obra.

Uma das fases do trabalho consistiu no bloqueio de uma das faixas da via, durante a noite, para a recolha do meio casco inferior e deposição das vigas do pavimento na grua telescópica.

Quanto à presença de elementos de betão pré-esforçado:

- as vigas eram de betão pré-esforçado por cabos aderentes, o que não colocava nenhum problema relativamente ao estado de tensão dos cabos. Por isso, era possível cortar as vigas em várias partes sem quaisquer riscos.

CAPÍTULO 4

RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: CLASSIFICAÇÃO E DESTINO.

Actualmente, os resíduos de construção e demolição enquadram-se, na linha da sustentabilidade, num conjunto de estratégias, tais como⁸:

- a redução os consumos energéticos e de água;
- a rentabilização do uso do solo;
- a redução do impacte ambiental;
- a redução do impacte dos resíduos;
- etc.

4.1. COMPOSIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Os resíduos RCD são, geralmente, pouco poluentes e conduzidos para aterro. A sua descrição e código são, nomeadamente⁹:

Quadro 1 – Código e descrição de RCD.

Código	Descrição
17 01 00	Betão, tijolos, telhas cerâmicas e materiais à base de gesso.
17 02 00	Madeira, vidro e plástico.
17 03 00	Asfalto, alcatrão e produtos de alcatrão.
17 04 00	Metais (incluindo as suas ligas).
17 05 00	Terras e lamas de dragagem.
17 06 00	Materiais de isolamento.
17 07 00	Mistura de resíduos de construção e demolição.

⁸ Disponível em www.construirportugal.pt

⁹ Disponível em www.construirportugal.pt

Estes provêm da demolição e restauração de edifícios, da construção de estradas e trabalhos hidráulicos, da construção de edifícios, etc. A sua composição varia consoante a origem, a época da estrutura demolida e o critério de medição subjacente.

4.2. DESTINO

O destino dos resíduos depende de factores que importa referir, designadamente¹⁰:

- a reutilização de componentes ou materiais (imediatamente e em adequadas condições), por exemplo algumas componentes arquitectónicas, madeira, aço, etc;
- a reutilização após tratamento e processamento (o que atende a uma subdivisão em material contaminado e limpo), por exemplo o entulho constituído por betão e alvenaria, madeira, etc;
- a incineração de materiais, por exemplo papel, têxteis e madeira;
- a produção de novos materiais pós tratamento e processamento, por exemplo metais, madeira para pirólise, plásticos e vidro;
- a deposição de materiais contaminados (que incorporam amianto e resíduos químicos) e inúteis (vidro, reboco, lixo misturado) após tratamento.

4.2.1. PERCURSO A SEGUIR

O percurso a seguir pelos RCD encontra-se hierarquizado de acordo os destinos/finalidades, a seguir por esta ordem:

- a prevenção;
- a reutilização na construção;
- a reutilização dos produtos;
- a reutilização dos materiais;
- as aplicações úteis;
- a imobilização com aplicação útil;
- a imobilização sem aplicação útil;
- a combustão com aproveitamento energético;
- a combustão;
- o aterro.

Os RCD perigosos provêm tanto da construção nova como da demolição de construções, devido a:

- aditivos para betão à base de solventes;
- algumas tintas e materiais de revestimentos;
- de botijas de gás parcial ou totalmente vazias utilizadas em operações de corte, soldadura, etc;
- colas;
- emulsões à base de alcatrão;

¹⁰ Disponível em www.construirportugal.pt

- materiais que contenham amianto;
- madeira tratada;
- placas de gesso cartonado;
- produtos químicos impermeabilizantes;
- resinas;
- equipamentos eléctricos com componentes tóxicos;
- contaminantes biológicos;
- fibras minerais (isolamento);
- materiais que contenham amianto;
- refrigerantes com CFC.s;
- sistemas de combate a incêndios com CFC.s.

4.3. PRODUTOS RESULTANTES DA RECICLEGEM E REUTILIZAÇÃO DOS RCD

Os RCD resultam de materiais inertes como o betão e a alvenaria, de resíduos de estradas, madeira, solos, metais, papel e cartão, plásticos, materiais de isolamento, vidro, têxteis, materiais da construção que contêm gesso, resíduos perigosos, amianto, entre outros.

Como produto resultante de demolições tem-se o betão triturado que servirá de aterro, de material para bases de taludes, de base de enchimento para valas de tubagens e sistemas de drenagem, de pisos térreos de edifícios, de sub-base de construção de estradas, de agregados reciclados para o fabrico de betão e para material de aterro estrutural.

As alvenarias de pedra são, normalmente, de reutilização directa, de conservação e restauro, enquanto que as alvenarias britadas têm aplicações idênticas às dos resíduos de betão, funcionando como agregados para o betume asfáltico (o betume) e para sub-bases de estradas.

Os tijolos dão origem a agregados para o betão e produção de peças pré-fabricadas em betão, a agregados para tijolos de silicato de cálcio, a material de enchimento e estabilização de caminhos rurais e a revestimento de campos de ténis; mas, os tijolos e blocos inteiros são reutilizados com a mesma função.

Os azulejos como ornamentos, quando intactos, e de material de enchimento, depois de triturados.

As madeiras podem ser utilizadas como mobiliário, soalhos, portas, caixilhos de janelas, estacas para plantas, reparação de edifícios rurais e, ainda, como material de enchimento para a correcção de taludes. Contudo, a madeira também pode ser utilizada para a incineração com recuperação de calor, para a pirólise, para a compostagem e para a produção de combustível derivado dos refugos (CDR). Os solos estão presentes nos aterros de estradas, na integração paisagística (minas e pedreiras), nos acertos topográficos, na terra arável, assim como, as impurezas constituem também parte dos aterros.

Os metais podem ser reutilizados como aço, ferro e fabrico de novos elementos (alumínio).

O vidro tem uma reutilização difícil na prática, no entanto, pode ser utilizado na produção de novo vidro e na construção de estradas.

Os plásticos podem ser incinerados com recuperação energética, reciclados por processamento mecânico (não é aplicável a todos os plásticos) e utilizados para a reciclagem de fontes energéticas (como o petróleo bruto e o gás natural).

Os materiais de isolamento podem estar presentes na pirólise, na moldagem de tijolos artificiais e, ainda, no espalhamento sobre o produto não curado (depois da espuma estar separada em fibras simples).

Os materiais de construção que contêm gesso podem ser integrados em placas para tectos e pavimentos, no cimento expansivo e no material de enchimento em obras de estradas e caminhos-de-ferro.

Os resíduos perigosos recicláveis, como os óleos, podem ser transformados em combustível ou refinados para a produção de novo óleo, as pilhas e baterias recarregáveis, os produtos abrasivos são reutilizados após limpeza e, finalmente, utilizados como o material de enchimento em obras (de estradas e caminhos de ferro).

No que se refere ao amianto, convém salientar que todas as variedades de fibras de amianto são cancerígenas, por isso não tem aplicação possível. Consequentemente, todos os materiais que contenham amianto têm que ser removidos, tornados inertes e conduzidos para aterro. Por conseguinte, existem outras fracções de RCD que são recicláveis, nomeadamente a brita, o betão leve de argila expandida, as telas de impermeabilização de coberturas e coberturas betuminosas, o reboco, mástiques e selantes.

4.4. TRATAMENTO DOS MATERIAIS

O tratamento dos materiais resultantes do processo da demolição consiste na eliminação dos resíduos.

4.4.1. A NATUREZA DOS RESÍDUOS

Os resíduos estão classificados em função dos riscos que apresentam e encontram-se aglomerados em três categorias¹¹:

- Resíduos perigosos. Assim designados, pelo facto de apresentarem riscos ou conterem produtos perigosos.
- Resíduos inertes. Em caso de armazenamento, estes resíduos não sofrem nenhuma reacção química, física ou biológica de maneira a prejudicar o ambiente. Compreende-se que o seu potencial poluente, o seu teor elementar poluente, bem como a sua toxicidade, sejam insignificantes.
- Resíduos sólidos urbanos. Agrupam os resíduos da indústria ou agricultura, do comércio e do artesanato, dado que são inertes e não perigosos.

4.4.2. OS RESÍDUOS DE ESTALEIRO DA CONSTRUÇÃO

Os resíduos de estaleiros da construção estão compreendidos ou repartidos entre as três categorias anteriormente referenciadas, a destacar:

- os resíduos perigosos são, nomeadamente, os resíduos industriais especiais (RIE), tais como a pintura com solvente, a cola, o amianto, etc.
- os resíduos sólidos urbanos são resíduos industriais banais (RIB), tais como a madeira, certos plásticos de embalagens não sujas, etc.
- os resíduos inertes.

¹¹ Disponível em www.construirportugal.pt

O armazenamento destes resíduos faz-se em depósitos, considerando que os mesmos são agrupados em três categorias (Philip, J., Bouyahbar, F., Muzeau, J., 2006):

- classe 1 - compreende o resíduo industrial e especial (essencialmente sólido, mineral, estabilizado a curto prazo) com constrangimentos físico-químicos (% de componentes e PH sujeito a limites máximos (teste de lixiviação);
- classe 2 - resíduo sólido urbano (resíduo industrial banal);
- classe 3 - resíduo inerte controlado visualmente.

Saliente-se que os materiais inertes colocados em depósitos da classe 3 podem ser reciclados por trituração. A operação desenrola-se quer sobre o estaleiro (se as imediações o permitir), quer sobre o sítio de trituração.

Uma central de trituração do betão compreende:

- um grupo de alimentação;
- um grupo de trituração;
- uma desferragem (separação do aço/betão);
- um grupo de triagem.

O cascalho triturado, de acordo com a sua granulometria, pode ter aplicações em diversos domínios, tais como (*idem*):

- cascalho 0/120: camadas de formas de calçada;
- cascalho 0/31,5: enchimento de condutas de saneamento;
- calhau 40/120: máscaras drenantes de fortificação;
- cascalho 0/31,5: plataformas de armazenamento de resíduos urbanos.

4.5. A GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

A gestão dos RCD consiste em criar estratégias que incentive a valorização dos mesmos. Estas passam sequencialmente pela prevenção, reutilização e reciclagem. Existe ainda a questão dos resíduos que têm de ser depositados em aterros adequados, podendo estes ser perigosos ou não. Contudo, a sua deposição em aterro não é feita de qualquer maneira, há que ter em atenção o ambiente. Os RCD passam por um controlo relativamente às substâncias que incorporam, com o fim de evitar ou minimizar os potenciais efeitos nefastos sobre o ambiente e até para a saúde pública.

Como já foi referido anteriormente, os RCD podem ser inertes, não inertes e perigosos. Por conseguinte, estas três classes detêm uma lista de resíduos, de forma a que, estes possam ser mais facilmente avaliados a nível visual e conduzidos para um aterro onde seja aceitável a sua deposição.

Numa obra de construção devem estar presentes contentores para a colocação dos RCD gerados. Como existem três tipos de RCD, logo deverá existir três tipos de contentores, um para cada tipo. Mas, no caso de uma obra de demolição, deve-se ter em conta uma demolição com prevenção através de uma triagem adequada e com o devido tratamento. Esta preocupação permite a extracção de substâncias, materiais, componentes e equipamentos considerados perigosos, evitando a mistura ou o próprio contacto com os resíduos inertes ou não perigosos. O contacto seria prejudicial, uma vez que os resíduos inertes ou não perigosos acabariam por se transformar em perigosos.

Os resíduos podem ser valorizados da seguinte forma¹²:

- na utilização como combustíveis ou outros meios de produção de energia;
- na recuperação de compostos orgânicos não solventes;
- na reciclagem de metais, ligas e de outras matérias inorgânicas.

Quando se pretende a sua eliminação, a única maneira possível é a deposição sobre o solo ou na parte inferior deste. No caso de não apresentarem valores superiores aos máximos fixados para as substâncias consideradas perigosas, estes necessitam de um tratamento precedente à sua deposição em aterro. Caso não sejam passíveis de tratamento, são encaminhados para um mono-aterro, antes de se proceder à sua deposição definitiva. Todavia, se não existirem aterros disponíveis para o depósito de RCD perigosos recorre-se a locais de deposição autorizados para resíduos industriais perigosos.

A composição dos RCD abrange uma vasta gama de materiais, identificados como¹³:

- betões, argamassas e cerâmicos (tijolos, mosaicos, outros tipos de revestimentos, etc);
- lixas, tubagens de canalizações (PVC e PEX);
- sacos (plástico, cimento, cimento-cola);
- lâ de rocha, esferovite, mástiques, madeiras, borrachas, arames, ferro, gesso, gesso-cartonado, colas, espumas, cabos eléctricos, materiais de isolamento, alumínio e lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

Na área de gestão dos resíduos, existem empresas específicas nesse ramo que actuam:

- no aluguer e venda de contentores para a deposição dos RCD;
- na recolha e transporte de RCD perigosos;
- no tratamento e possível valorização de RCD perigosos.

Em Portugal, não existem aterros específicos para RCD perigosos e, como tal, a prevalência de uma rede integrada e adequada de instalações de eliminação ao longo de todo país, para fazer face às quantidades de RCD perigosos produzidos ou gerados, revela-se de extrema importância. Assim, no sentido de reforçar o que foi dito, segue um quadro com a identificação de alguns resíduos perigosos pertencentes à classe de RCD, provenientes de actividades de construção e demolição.

¹² Relatório de Progresso R4.1 – Avaliação da Perigosidade Ambiental dos Resíduos de Construção e Demolição, 2003.

¹³ Relatório de Progresso R4.1 – Avaliação da Perigosidade Ambiental dos Resíduos de Construção e Demolição, 2003.

Quadro 2 – Código e designação dos RCD e possível destino¹⁴.

Código	Designação	Operações
17 01 06	Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos que contêm substâncias perigosas.	Deposição em aterro.
17 02 04	Vidro, plástico e madeira que contêm ou que são contaminados por substâncias perigosas.	Deposição em aterro.
17 03 01	Misturas betuminosas que contêm alcatrão.	Reciclagem.
17 03 03	Alcatrão e produtos de alcatrão.	Reciclagem.
17 04 09	Resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas.	Deposição em aterro.
17 04 10	Cabos que contêm hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas.	Reciclagem.
17 05 03	Solo e rochas que contêm substâncias perigosas.	Reciclagem.
17 05 05	Lamas de dragagem que contêm substâncias perigosas.	Reciclagem.
17 05 07	Balastros de linhas de caminho-de-ferro que contêm substâncias perigosas.	Reciclagem?
17 06 01	Materiais de isolamento que contêm amianto.	Senão for friável é a reciclagem, mas se não for friável é a deposição em aterro.
17 06 03	Outros materiais de isolamento que contêm ou que são constituídos por substâncias perigosas.	Deposição em aterro?
17 08 01	Materiais de construção à base de gesso contaminados com substâncias perigosas.	Deposição em aterro.
17 09 01	Resíduos de construção e demolição que contêm mercúrio.	Reciclagem.
17 09 02	Resíduos de construção e demolição que contêm PCB (por exemplo, vedantes com PCB, revestimentos de piso à base de resinas com PCB, envidraçados vedados com PCB, condensadores com PCB).	Deposição em aterro?
17 09 03	Outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) que contêm substâncias perigosas.	Deposição em aterro.
01 05 05	Lamas e outros resíduos de perfuração que contêm hidrocarbonetos.	Reciclagem.
01 05 06	Lamas e outros resíduos de perfuração que contêm substâncias perigosas.	Reciclagem.

¹⁴ Fonte: Sousa, Hipólito; Faria, José; Almeida, Manuel; Sousa, Rui; Figueiredo, Fernando. (2001). Relatório de Progresso R4.1: *Avaliação da Perigosidade Ambiental dos Resíduos de Construção e Demolição*. FEUP: Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto.

Código	Designação	Operações
08 01 11	Resíduos de tintas e vernizes que contêm solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas.	Selagem e armazenamento?
08 01 17	Resíduos de remoção de tintas e vernizes que contêm solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas.	Selagem e armazenamento?
08 01 21	Resíduos de produtos de remoção de tintas e vernizes.	Selagem e armazenamento?
08 04 09	Resíduos do FFDU de colas ou vedantes (incluindo produtos impermeabilizantes) que contêm solventes orgânicos ou outras substâncias perigosas.	Selagem e armazenamento?
15 01 10	Embalagens que contêm ou que são contaminadas por resíduos de substâncias perigosas.	Deposição em aterro?
16 04 03	Outros resíduos de explosivos.	Selagem e armazenamento?
20 01 13	Solventes.	Selagem e armazenamento?
20 01 21	Lâmpadas fluorescentes e outros resíduos que contêm mercúrio.	Reciclagem.
20 01 27	Tintas, produtos adesivos, colas e resinas que contêm substâncias perigosas.	Selagem e armazenamento?
20 01 35	Equipamento eléctrico e electrónico fora de uso, não abrangido em 20 01 21, que contêm componentes perigosas (pilhas de chumbo, de níquel-cádmio e de mercúrio, electrólitos, vidro de tubos catódicos).	Reciclagem.
	Materiais que contêm amianto não friável (ou seja que não libertam fibras de amianto).	Reciclagem no fabrico desses mesmos materiais.
	Solo, rochas, lamas de dragagem, lamas e outros resíduos de perfuração que contêm hidrocarbonetos ou outras substâncias perigosas.	Reciclagem e servir para jardins.
	Misturas betuminosas que contêm alcatrão e produtos de alcatrão que podem ser reciclados.	Reciclagem a quente ou a frio, para pisos flexíveis e semi-rígidos das estradas.
	Materiais que contêm hidrocarbonetos, como cabos, óleos e fuel.	Reciclagem.

Para o eventual reaproveitamento e reciclagem de equipamentos referentes às diversas instalações de águas e de ventilação, designadamente cilindros, esquentadores, caldeiras, ar condicionado, entre outros, é necessário que a remoção destes seja executada por especialistas e encaminhados para os próprios fornecedores.

Os materiais que contenham amianto e que libertam as respectivas fibras (amianto friável) são colocados em recipientes (com 6 mm de espessura de polietileno). Posteriormente, guardados em locais que protejam os recipientes.

O prolongamento da vida útil do óleo mineral é conseguido à custa de intervenções de acondicionamento, regeneração e eliminação de PCB's. Estas operações permitem limpar a parte activa do transformador, ficando livre das lamas depositadas.

Como se sabe, o mercúrio presente num edifício deve-se às lâmpadas fluorescentes e equipamentos eléctricos.

Os materiais constituintes das lâmpadas podem ser reciclados e reutilizados na indústria ou no próprio fabrico das mesmas (com a excepção do isolamento das extremidades das lâmpadas que incorporam baquelite).

O mercúrio tem percussões graves ao nível da saúde, devido à sua toxicidade e, por conseguinte, este deverá ser separado das lâmpadas fluorescentes. A valorização das lâmpadas faz-se por meio da separação mecânica, magnética e destilação com a recuperação de mercúrio praticamente puro.

CAPÍTULO 5

APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS DOIS CASOS EM ESTUDO.

Antes de proceder à apresentação e caracterização dos casos, é importante relembrar que o Caso A foi acompanhado no terreno (observação não-participante) e que o Caso B foi seleccionado como um caso-tipo retirado do *Guide pratique de la démolition des bâtiments* (2006), de modo a desenvolver mais adiante uma análise comparada do consumo energético no processo de demolição destes dois casos. Assim, a apresentação e caracterização do Caso A difere em termos de estruturação do Caso B, uma vez que o primeiro é mais extensivo e pormenorizado e foi objecto do estudo no terreno.

5.1. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CASO A

O primeiro caso incide na determinação das tarefas de consumo energético na demolição da Passagem Superior PS 397, na Auto-Estrada A1, integrada na empreitada de alargamento da mesma entre o nó de Estarreja e o nó da Feira, cujo o Dono de Obra é a Brisa-Auto Estradas de Portugal, S.A. O projecto foi requerido pelo Consórcio composto por Alberto Martins Mesquita & Filhos, S.A. /Copcisa /Silva Brandão & Filhos.

Para a realização deste trabalho de demolição foram analisados os seguintes projectos:

- Projecto de Execução da Passagem Superior P.S.17, Dimensionamento Geral, Desenho nº N6A2.A-E-130-17-03, datado de Julho de 1980.
- Projecto de Execução da Passagem Superior P.S.17, Dimensionamento de Pormenor, Desenho nº N6A2.A-E-130-17-05, datado de Dezembro de 1980.

Os resíduos produzidos durante o processo de demolição foram colocados em vazadouro licenciado, devendo a sua movimentação cumprir a legislação ambiental e a legislação sobre resíduos actualmente em vigor:

- Legislação ambiental: Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro e Portaria n.º 792/98, de 22 de Setembro;
- Resíduos: Decreto-Lei n.º 77/97, de 5 de Maio e Decreto-Lei n.º 335/97, de 16 de Maio.

Segundo a “Lista Europeia de Resíduos” (LER), anexa à “Decisão 2001/118/CE” de 16 de Janeiro de 2001, os resíduos gerados nesta demolição são classificados nas seguintes categorias:

- LER 17 01 01 Betão;
- LER 17 03 Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão;
- LER 17 04 05 Ferro e Aço.

5.1.1. PROCESSO DE EXECUÇÃO/METODOLOGIA

A metodologia adoptada consiste no desenvolvimento de hidrocortes (com disco ou com cabo diamantado), separando as diversas peças da secção central do tabuleiro, de forma a ser possível a sua retirada para a berma (ver figura 28 e 29) . É na berma onde estas são demolidas *in situ* e transportadas para vazadouro. Os tramos laterais dos tabuleiros, pilares e encontros, são igualmente demolidos *in situ*.



Figura 28 – Desenvolvimento de hidrocortes (com disco ou cabo diamantado).



Figura 29 - Peças cortadas de betão armado colocadas na berma para posterior demolição.

Convém que antes das operações de corte seja montada uma estrutura de escoramento que permita suportar as peças centrais do tabuleiro, mas durante um período de tempo efémero (ver figura 30).



Figura 30 – Escoramento da PS 397.

As águas provenientes da execução da operação de hidrocorte têm que ser conduzidas para o sistema de drenagem de águas pluviais existentes, através de caleiras. A elevação e movimentação das peças centrais do tabuleiro para as zonas laterais da faixa de rodagem (as bermas onde se procede à sua demolição) são efectuadas através de uma grua telescópica com capacidade portante adequada.

É importante frisar que todas as operações inerentes ao processo de demolição apenas terão início após a protecção das faixas de rodagem. Esta protecção é feita com rede tipo *rachel* ou equivalente, de forma a evitar a projecção de material resultante da demolição.

5.1.2. FASEAMENTO DOS TRABALHOS

De forma sintética descreve-se um possível faseamento dos trabalhos intrínsecos ao processo de demolição. Tendo em atenção que algumas fases, a seguir apresentadas, podem ser efectuadas em simultâneo e alteradas a sua ordem de execução, em suma aos condicionalismos que podem surgir aquando da execução dos trabalhos.

Seguir-se-á uma numeração sequencial das fases, de modo a facilitar a descrição e a compreensão das mesmas, que são designadamente:

A *fase 1* consiste na montagem das protecções da via/faixa de rodagem (PMB's e PMP's). Para tal, é necessário uma desmatação e limpeza do terreno, como a preparação de plataformas adjacentes à passagem superior e uma posterior colocação das peças centrais do tabuleiro, para aí serem demolidas. Por sua vez, na *fase 2* perpetua a limpeza, a regularização, a compactação e a aplicação da camada *tout-venant* (aproximadamente 0,30m) no terreno que servirá de base para as torres de escoramento laterais e central. Há a colocação de maciços de betão armado para a fundação das torres de escoramento (ver figura 31).



Figura 31 – Colocação de maciços de betão armado para a fundação das torres de escoramento e montagem das mesmas.

A montagem das torres de escoramento (laterais e central) inclui o seu adequado contraventamento. O contraventamento será reforçado com ligação aos pilares do viaduto a demolir, no caso das torres de escoramento laterais. Esta é pois designada por *fase 3* (ver figura 2).

De seguida, a *fase 4* incide na montagem das protecções da via/faixa de rodagem (perfis tubulares, tirantes, redes metálicas e rede do tipo *rachel* ou geotêxtil).

Subsequentemente, a *fase 5* realiza a colocação de rede tipo “Rivisa” com bases em betão para impedir e proteger o acesso ao tabuleiro na parte superior do mesmo, sendo estas protecções colocadas em disposição transversal ao tabuleiro de ambos os lados, junto aos encontros.

A *fase 6* incide na desmobilização das infra-estruturas do tabuleiro.

Na *fase 7* é concretizado o corte transversal total das espessuras das lajes do tabuleiro, com cabo diamantado, por forma a cortar o pré-esforço da estrutura e a evitar assim uma possível contra flecha do tabuleiro. As águas provenientes das operações de hidrocorte serão encaminhadas para o sistema de drenagem de águas pluviais existente.

O que materializa a *fase 8* é o corte longitudinal parcial da espessura do tabuleiro com disco diamantado, evitando a queda de água e de objectos na faixa de rodagem. As águas provenientes da operação de hidrocorte são encaminhadas igualmente para o sistema de drenagem de águas pluviais existentes (ver figura 32).



Figura 32 – Corte longitudinal com disco diamantado.

Segue-se a furação parcial da espessura da laje do tabuleiro, *fase 9*, para a passagem dos cabos de elevação das secções cortadas (ver figura 33). E, repetindo-se novamente o mesmo processo, as águas de hidrocut são encaminhadas para o sistema de drenagem de águas pluviais existente.



Figura 33 – Pormenor da furação parcial da espessura da laje do tabuleiro - carote.

Nas zonas onde foi cortado o tabuleiro efectuou-se a desmontagem das guardas metálicas, isto na *fase 10*.

A *fase 11* é composta pela estabilização e montagem da grua, pela finalização do corte longitudinal e da furação da laje do tabuleiro.

Segue-se a elevação das peças cortadas e transladação para as zonas adjacentes às bermas e faixa de rodagem previamente preparadas para as receber (ver figura 34). Esta acção ocorre na *fase 12*.



Figura 34 – Elevação da peça de betão armado pela grua telescópica.

A desmontagem da estrutura de escoramento é feita na *fase 13*.

Na *fase 14* acontece a demolição *in situ* dos tabuleiros laterais, pilares e encontros.

Numa das fases finais, na *fase 15*, ocorre o transporte dos resíduos - aço, betão e betuminoso – para vazadouro licenciado, neste caso, a pedreira da Quinta do Moinho, visando sua recuperação paisagística.

Finalmente, a *fase 17* consiste na desmontagem de todas as protecções da via.

As operações descritas anteriormente são, na sua maioria, concretizadas com Auto-Estrada em funcionamento. Os aspectos relacionados com a segurança dos veículos em circulação devem ser tidos em conta, nomeadamente:

- a devida atenção ao perfeito ajuste entre os prumos de escoramento e o tabuleiro para tentar reduzir ao máximo a acção dinâmica, resultante do corte brusco da secção das vigas a meio vão;
- o correcto acautelamento do contraventamento das torres de escoramento nas duas direcções, de acordo com o sistema K-Lock;
- a fundação dos apoios verticais deve ser realizada com todo o cuidado, por forma a ser capaz de garantir a distribuição de tensões com o mínimo de deformabilidade.

O corte do trânsito na Auto-Estrada, nos dois sentidos, efectua-se durante as operações críticas para reduzir, ao mínimo indispensável, o número de pessoas nas imediações da estrutura a demolir. As operações críticas são, nomeadamente os cortes transversais, a elevação e transladação das peças cortadas.

Recomenda-se que se proceda também ao corte do trânsito na Auto-Estrada no(s) sentido(s) afectados durante as operações onde possa ocorrer a projecção de detritos. Essa lista de operações são, designadamente, a desmontagem das guardas do tabuleiro, a finalização dos cortes longitudinais e a finalização da furação do tabuleiro.

5.1.3. PROCEDIMENTOS DO CORTE

5.1.3.1. Procedimento para o escoramento de uma viga de 16000Kg

- Instalação de quatro escoramentos por viga (descrição da situação).

1.º) Na parte esquerda da viga, o mais perto possível do pilar, possibilitando o corte entre o pilar e o escoramento.

2.º e 3.º) Na metade da viga, deixando uma distância de cerca de 5 cm para possibilitar o corte.

4.º) Na parte direita da viga, o mais perto possível do pilar, possibilitando o corte entre o pilar e o escoramento.

- Modo de execução

Depois de ter ocorrido o escoramento e os carotes para a ancoragem da grua, procede-se:

À elevação da peça por meio da grua:

1.º) Corte de metade da viga.

2.º) Corte da parte direita junto ao pilar, com assistência da grua.

3.º) Corte da parte esquerda junto ao pilar, com assistência da grua.

Contudo, a zona deve estar devidamente sinalizada à passagem de pessoas para a retirada de peças de grandes toneladas.

5.1.3.2. Procedimento para a execução de trabalhos de corte de betão com fio diamantado.

- Maquinaria

A máquina de corte é composta por:

- a) Grupo Hidráulico Marca HIDROSTREES, modelos AD-S, AD-S2, AD-S3 Y BL-S, de potência compreendida entre 28 CV (21 Kw) e 33 CV (25 Kw), com funcionamento automático conexionado electricamente a 380 V trifásico e com um consumo aproximado de 40 A, em regime normal de trabalho. O grupo hidráulico é refrigerado por água com um caudal de 6 lt/min. O óleo utilizado no grupo hidráulico é do tipo MOBIL DTE25 150 VG 46 ou ESSO ELECTROVALVEH-46.
- b) Mangueira Hidráulica de conexão do grupo hidráulico com o cabeçal de arrasto.
- c) Cabeçal de arrasto Tipo AZ-S onde se monta a roldana motriz que se desloca por uma guia com cremalheira.

- Acessórios

Para a execução do corte com fio diamantado torna-se necessário instalar os seguintes acessórios:

- Roldana motriz: de 560 mm de diâmetro aproximadamente (ou maior), montada sobre o cabeçal de arrasto da máquina e com a sua protecção;
- Roldanas guias: de 300 mm de diâmetro aproximadamente, montadas sobre suportes que se fixam ao betão através de pernos de expansão de M12;
- Guia cremalheira: de longitudes 1.000 e 2.000 mm empalmáveis, para facilitar um maior percurso do cabeçal de arrasto em função do espaço disponível. Estas guias dispõem de uma série de furações para montar em distintas posições os suportes de fixação das guias ao betão com tacos de expansão M12;
- Captadores de água: formados por caldeiras de chapa colada em forma de ómega com abraçadeiras de ajuste e furações de fixação nas asas da ómega;
- Bandeja de recolha: constituída por uma lâmina de plástico instalada, de modo a que a sua borda perimetral se mantenha elevada, apoiando-se, para o efeito, numa linha de elementos de pequena altura (tábuas, ladrilhos, perfis metálicos, etc) e que se cola com fita adesiva contra a frente do elemento que se está a cortar.

- Fio diamantado

O fio diamantado é constituído por um cabo de aço de aproximadamente 5 mm de diâmetro e por cilindros diamantados (designados por pérolas) com cerca de 10 mm de diâmetro. Este instala-se torcendo-o uma volta por metro linear de cabo, para conseguir um desgaste uniforme no perímetro das pérolas do cabo, e fechando-o em forma de correia contínua através do terminal de união correspondente. Porém, o desgaste do fio deve verificar-se periodicamente, eliminando aquele que apresenta no anel periférico um diamante gasto, isto é, representa uma área sem diamante superior a 50% da sua superfície.

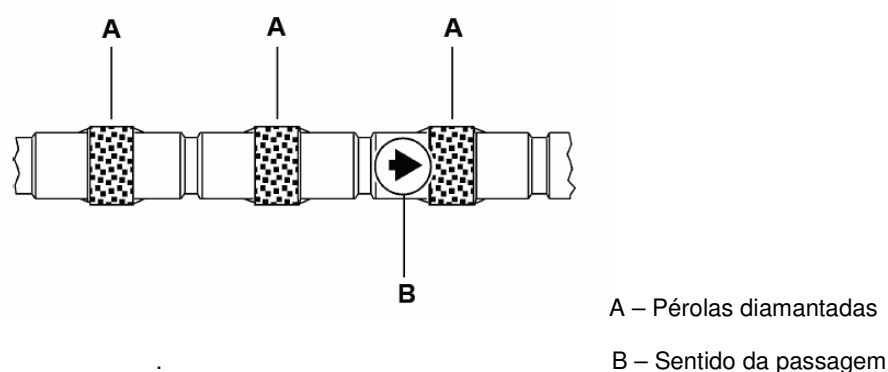


Figura 35 – Fio diamantado.

- Replantação

Esta fase consiste na replantação das linhas de corte, marcando-as com um marcador à prova de água. De igual forma marcam-se as posições dos carotes para a passagem do fio diamantado através do elemento a cortar. A peça é cortada segundo planos inclinados de 5%, abrindo-se no sentido da saída para facilitar a extracção (as peças de muros são extraídas para cima). Com o objectivo de evitar que se efectuem cortes ao longo de barras de armaduras, ao concretizar o replante, convém realizar uma detecção da armadura. Essa localização é feita através de ensaios executados com o georradar ou ainda através da execução de provas de microfurações. A detecção da armadura deve efectuar-se em ambas as frentes do muro, sempre que possível.

- Furações para a passagem do fio diamantado

A realização de carotes passantes, através do elemento a cortar de diâmetros compreendidos entre 40 e 90 mm (geralmente 50 mm), localizam-se nos extremos do corte e em pontos intermédios quando o corte é muito comprido, no sentido da passagem do fio diamantado.

Quando a peça se extrai frontalmente (p.e. laje para cima ou muro par frente), as furações executar-se-ão com uma inclinação de 5% em ambos os sentidos para facilitar a extracção do bloco, ficando o buraco na parte interior com as medidas teóricas especificadas. No caso em que exista interferências de outros elementos, as furações da frente oposta efectuar-se-ão com uma inclinação com o dobro da indicada.

- Instalação das guias e roldanas

Na linha por onde se efectua o corte coloca-se, paralelamente, a guia ancorada ao betão por meio de pernos de expansão. Nesta guia está acoplada uma cremalheira pela qual se desloca o cabeçal de arraste, accionado hidraulicamente e onde se fixa a roldana motriz.

Mas, quando não é possível instalar a roldana motriz perpendicularmente e em frente à linha de corte, é necessário instalar roldanas-guia em frente a cada uma das furações que servem para a passagem do fio diamantado. Também será necessário instalar roldanas-guia quando se tenha que efectuar mudanças de direcção do fio diamantado na condução deste, desde as perfurações até à roldana motriz. As roldanas estão instaladas em suportes multiuso que se fixam ao betão com um taco Embrifix M-12.

- Actividades anteriores ao corte

Antes de se iniciarem as operações de corte há que instalar todos os equipamentos de recolha de água proveniente da especificidade dos trabalhos, seguidamente enumerados:

- Captadores de água: formados por caleiras de chapa colada em forma de ómega com abraçadeiras de ajuste e furações de fixação nas asas da ómega.
- Bandeja de recolha: instalada sobre o pavimento debaixo das zonas de corte. Na bandeja instala-se uma bomba submersível para aspirar a água e detritos produzidos no corte, conduzindo-os ao saneamento.
- Telas de plástico: envolvem toda a zona do corte para evitar a passagem de detritos para o exterior. São instaladas sobre os corpos dos andaimes ou sobre as estruturas metálicas auxiliares. As bordas inferiores das telas são introduzidas dentro das bandejas de recolha.
- Elementos de extracção: do mesmo modo instalam-se os elementos necessários para a extracção da peça, consistindo em placas com argolas ancoradas ou carotes passantes (geralmente 100 mm) para a instalação dos cabos.

- Execução do corte

Depois de instalados todos os elementos auxiliares introduz-se o fio diamantado pelas furações praticadas para o efeito, passando-o pela roldana motriz e pelas roldanas guias e torcendo-o uma volta por metro linear de cabo para ter um desgaste uniforme em toda a superfície das pérolas diamantadas.

Seguidamente, tenciona-se ligeiramente o cabo e, manualmente, aplicam-se uns movimentos de vaivém para desgastar as esquinas de betão. Depois abre-se o circuito da água de refrigeração e põe-se em funcionamento o sistema hidráulico que acciona a roldana motriz.

Quando se efectua o corte de uma porta num muro começa-se pelo corte inferior, continua-se pelos laterais e termina-se com o horizontal superior. À medida que se vai progredindo nos cortes horizontais inferiores, de forma a evitar que um movimento imprevisto da peça possa prender o fio, introduzem-se umas chapas de aço com a espessura adequada à largura da ranhura e com a extremidade em forma de cunha. Existe chapas com diferentes espessuras. As chapas são instaladas de modo a que, uma vez finalizados os cortes verticais, cada bloco fique apoiado em quatro chapas. Porém, no caso de, pela sua longitude, as chapas sobressaírem do betão, interferindo assim com a execução de outros cortes, estas, por sua vez, deverão ser cortadas com um radial antes ou depois de instaladas.

Convém que durante todo o processo em que o fio esteja a funcionar, seja instalada a protecção da roldana motriz e, se necessário, deverão ser instaladas protecções adicionais ao longo de todo o percurso do fio.

- Captação e eliminação da água de refrigeração

Por baixo da zona de corte, junto das superfícies de ambas as frentes do muro, colocam-se bandejas de água. No caso de corte de lousas, as bandejas de recolha estendem-se desde as zonas de corte às áreas periféricas que se estimam necessárias em função das instalações que existam.

Quando a especificidade do trabalho o exige, na frente contrária do muro (ou na frente inferior da laje) onde estão a ser realizados os trabalhos, colocam-se captadores de água ou instala-se um encerramento de plástico para a recolha de salpicaduras, fechando-o contra a parede com fita adesiva.

A água recolhida pelas bandejas será extraída das mesmas através de bombas submersíveis, que a verterão posteriormente nos respectivos saneamentos.

- Terminologia relacionada com o trabalho de Serras de Cordão Diamantado

A serra de cordão diamantado é composta por um motor de avanço, que pode ser eléctrico ou hidráulico, para a bobina de cordão diamantado e o motor de accionamento (eléctrico ou hidráulico), de modo a efectuar o accionamento da ferramenta de corte.

As polias de desvio têm como função conduzir o cordão diamantado, enquanto que os cavaletes alojam as polias de desvio.

As lanças de água são utilizadas para conduzir a água para o local de corte.

A energia é facultada pelo grupo motriz aos motores eléctricos e comandos, assim como a pressão necessária para os motores hidráulicos.

Saliente-se a distinção entre o motor de accionamento (ferramenta) e o motor de avanço (o avanço e recuo dos rolos de cordão diamantado), considerando que para pequenas frequências tem-se os motores eléctricos e, conseqüentemente, para os hidráulicos tem-se frequências superiores.

A protecção do fio diamantado não se trata mais do que um dispositivo de segurança. A sua finalidade é a de evitar o contacto inadvertido com a ferramenta, como a projecção de peças e também a protecção contra salpicos.

5.1.3.3. Procedimento para a execução de trabalhos de corte de betão com disco diamantado.

- Maquinaria

Na obra, o corte de betão é realizado fundamentalmente por dois tipos de máquinas definidas seguidamente.

Cortadoras de juntas (ou chão)

Como o seu próprio nome indica, estas máquinas utilizam-se para efectuar cortes horizontais (lajes, etc.) e, para esse efeito, o disco diamantado é accionado por um motor eléctrico ou de explosão, instalado num carrinho que roda sobre a superfície de cortar. O deslocamento do próprio carrinho é produzido pela acção do próprio motor empurrado pelo operador. Convém que o carrinho seja guiado de forma adequada para que o corte resulte rectilíneo, tendo em conta que as duas rodas do mesmo lado do carrinho se deslocam dentro de um perfil em U que substitui a pista ou via.

Nestas máquinas são utilizados, normalmente, discos de 1000 mm como diâmetro máximo, pelo que podem efectuar-se cortes até 450 mm de profundidade. Com o fim de possibilitar a execução de cortes adjacentes a muros ou paredes, o disco situa-se-á indistintamente em qualquer um dos lados do carrinho.

Cortadoras de murais

Estas máquinas são utilizadas para fazer cortes, tanto horizontais como verticais. Em superfícies verticais (paredes, pilares, etc), o disco diamantado pode atingir 1600 mm de diâmetro, accionado por um motor hidráulico montado num cabeçal que se desloca ao longo de uma cremalheira fixada paralelamente à linha de corte.

A máquina de corte é constituída por:

- a) Grupo Hidráulico Marca HIDROSTRESS modelos AD-S, AD-S2, AD-S3 Y BL-S de potência compreendida entre 28 CV (21 Kw) E 33 CV (Kw), com funcionamento automático conexionado electricamente a 380 V trifásico e com um consumo aproximado de 40 A em regime normal de trabalho. O grupo hidráulico é refrigerado por água com um caudal de 6 l/min. O óleo utilizado no grupo hidráulico é do tipo MOBIL DTE25 150 VG 46 ou ESSO ELECTROVALVE H-46.
- b) Mangueira Hidráulica de conexão do grupo hidráulico com o cabeçal de arrasto.
- c) Cabeçal de arrasto Tipo AZ-S onde se monta a roldana motriz que se desloca por uma guia com cremalheira.

- Acessórios

Para a execução do corte com fio diamantado torna-se necessário instalar os seguintes acessórios:

Guia cremalheira: de longitudes 1000 e 2000 mm empalmáveis para facilitar um maior percurso do cabeçal de arrasto em função do espaço disponível. Estas guias dispõem de uma série de furações para montar em distintas posições os suportes de fixação das guias de betão com tacos de expansão M-12.

Captadores de água: formados por caleiras de chapa colada em forma de ómega com abraçadeiras de ajuste e furações de fixação nas asas da ómega.

Bandeja de recolha: constituída por uma lâmina de plástico instalada de forma a que a sua borda perimetral se mantenha elevada, apoiando-se, para o efeito, numa linha de elementos de pequena altura (tábuas, ladrilhos, perfis metálicos, etc) e que se cola com fita adesiva contra a frente do elemento que se está a cortar.

- Disco diamantado

O disco diamantado é formado por uma chapa circular de aço que, ao longo da sua borda, tem segmentos diamantados uniformemente distribuídos em todo o seu perímetro. Geralmente, são utilizados para cortar materiais duros, entre os quais as pedras e os materiais de construção, especialmente o betão.

Os segmentos diamantados podem ser depositados na superfície do disco por electrólise (método de deposição do electro) ou podem ser formados por uma liga metálica que foi imersa numa massa de diamantes (método de sinterização). Existem diversas dimensões segundo cada fabricante, embora poder-se-á indicar, a título orientativo, as dimensões de 30 mm * 10 mm com uma largura de 7 mm, numa ampla produção de acanaladura.

O processo de produção dos segmentos mais frequentes é o da sinterização, isto é: a mistura; a elevação até um determinado ponto de temperatura dos diamantes e da liga (composto por um pó metálico à base de cobalto, carbonatos e bronzes; a elevação da sua temperatura até um determinado ponto, deixando-o num estado pastoso para posteriormente ser comprimido, de modo a reduzir o seu volume e a conferir-lhe a forma prevista. Os segmentos produzidos desta forma são soldados aos discos ou às coroas por soldaduras de prata ou raio laser.

Os discos diamantados são utilizados em máquinas para diversas aplicações, sendo as cortadoras de juntas e cortadoras de murais as principais para o corte de betão.

- Replantação

Replanta-se as linhas dos cortes com um marcador à prova de água. Quando a peça se extrai seguindo o seu plano (p.e. peças de muros extraídas para cima) conferir-se-á aos cortes uma inclinação de 5%, abrindo-se no sentido da saída para facilitar a extracção. Para evitar que se efectuem cortes ao longo de barras de armaduras, antes de efectuar o traçado convém realizar a detecção das armaduras com ensaios feitos com georradar ou através da execução de micro furações. Sempre que possível, a detecção da armadura deve efectuar-se em ambas as frentes do muro.

- Execução de furações nas intersecções dos cortes

Serão realizadas furações tangentes-secantes nos cantos ocos e nas intersecções dos cortes de modo a evitar que o arco produzido pelo disco na zona posterior fique sem cortar.

Estas furações serão realizadas com coroas diamantadas de 100 ou 125 mm, sendo que o número dos mesmos em função da espessura do muro a cortar é variável.

- Instalação da guia

Paralelamente à linha por onde se efectua o corte, coloca-se uma guia ancorada ao betão através de pernos de expansão. A guia tem acoplada uma cremalheira pela qual se desloca o cabeçal de arraste accionado hidraulicamente e onde se fixa a roldana motriz.

A guia nivela-se mediante uns parafusos fixados e localizados nos seus pés, conferindo uma inclinação (cerca de 5%) aos cortes com a finalidade de facilitar a extracção da peça quando extraída na direcção perpendicular ao seu plano (p.e. lajes extraídas para cima). É importante ter em conta a inclinação do corte na hora do replante das aberturas, uma vez que a dimensão livre da abertura é determinada pela sua menor dimensão.

- Actividades anteriores ao corte

Antes de iniciar o corte devem instalar-se todos os equipamentos de recolha de água por causa da especificidade dos trabalhos exigida. O sistema de recolha de água compreende:

- Captadores de água: descritos anteriormente.
- Bandeja de recolha: instalada sobre o pavimento debaixo das zonas de corte. Na bandeja é instalada uma bomba submersível para aspirar água e detritos produzidos no corte, encaminhando-os para o saneamento.
- Telas de plástico: envolvem toda a zona de corte para evitar salpicaduras para o exterior. Instalam-se sobre os corpos de andaime ou sobre estruturas metálicas auxiliares. As telas têm as bordas inferiores dentro das bandejas de recolha.
- Elementos de extracção: de igual forma, são instalados os elementos necessários para a extracção da peça, normalmente placas com argolas ancoradas com pernos de expansão ou carotes pasantes (em geral \varnothing 100) para posterior instalação de cabos ou eslingas.

- Execução do corte

Após a colocação de todos os elementos auxiliares, é instalada a guia e acoplado o cabeçal com o disco. A indicação do corte efectua-se com passagens sucessivas de uma profundidade média de 10 cm.

Quando se efectua uma porta num muro, inicia-se pelo corte inferior, prosseguindo com os laterais e, por fim, o horizontal superior. Na execução dos cortes horizontais inferiores há a introdução de tiras de aço de espessuras adequadas à largura da ranhura (no qual se dispõe de tiras de diferentes espessuras) com o extremo em forma de cunha para evitar que um movimento imprevisto da peça aprisione o disco. As tiras serão instaladas de modo a que, uma vez finalizados os cortes verticais, cada bloco fique apoiado em quatro tiras ou cunhas.

No caso das tiras de aço ficarem salientes no corte, interferindo com a execução de outros cortes, estas deverão ser cortadas com um radial antes ou depois de colocadas.

A protecção do disco estará sempre presente no decurso do funcionamento do disco.

- **Captação e eliminação da água de refrigeração**

Junto das superfícies de ambas as frentes dos muros, por baixo da zona de corte, colocam-se bandejas de recolha de água. No caso de corte de lajes, as bandejas de recolha estendem-se à zona de corte e às áreas periféricas que se estimam necessárias em função das instalações que existam.

Devido à especificidade dos trabalhos na frente contrária do muro ou na frente inferior da laje, onde se efectuam os trabalhos, colocar-se-ão captadores de água ou instalar-se-á um encerramento de plástico para a recolha de salpicaduras, fechando-o contra a parede de betão com fita adesiva.

A água recolhida nas bandejas extrair-se-á das mesmas através de bombas submergíveis que a verterão nos respectivos saneamentos.

5.1.3.4. Procedimento para a execução de trabalhos de perfuração

- **Máquinas**

As máquinas que se utilizam nos trabalhos de perfuração com coroas de diamante são accionadas por motores eléctricos, hidráulicos ou de gasolina, enquanto que as que se utilizam na perfuração com roto percussão são eléctricas ou pneumáticas. Em ambos os casos, deve seleccionar-se o tipo mais adequado em função das características da perfuração e das condições do local onde se executa o trabalho.

Para a perfuração com coroas de diamante, o equipamento é constituído pelo motor citado anteriormente, montado sobre um carro que se desloca ao longo de uma guia provida de cremalheira. Esta guia está solidariamente unida a uma placa ou base de apoio que se fixa perpendicularmente (ou com o ângulo requerido) na superfície a furar.

Nas máquinas de perfuração com roto percussão a broca está directamente acoplada ao motor que é suportado manualmente por um operador.

- **Coroas de diamante**

As coroas de diamante são constituídas por tubos cilíndricos ocos de comprimento variável e de espessura de parede compreendida entre 1,5 a 3 mm em função do seu diâmetro. Num dos seus extremos está acoplado um engate roscado fixado ao eixo do motor, e no outro extremo (com o que se efectua a perfuração) tem peças diamantadas (denominadas como segmentos) soldadas. O número

destes numa coroa, as suas dimensões, a dureza e concentração de diamante, variam em função do diâmetro da coroa e do material a perfurar.

- **Perfuração: selecção da máquina**

Convém utilizar a máquina mais adequada a cada tipo de perfuração, de maneira a coordenar o seu peso com a potência pretendida.

- **Replantação**

Antes da perfuração de cada furo a realizar deve ser traçado a marcação dos seus eixos através de uma cruz, ou seja, uma marca indelével à água. Em furos de grandes diâmetros marcam-se os extremos dos diâmetros perpendicularmente ao furo, com o intuito de facilitar o foco da coroa.

Uma vez traçado o furo a executar, atender-se-á ao traçado do furo para a colocação da base da máquina, situando esta a uma distância entre 330 e 380 mm do eixo do furo a realizar. Esta deverá ser colocada de forma a permitir a sua utilização para vários furos.

- **Instalação da máquina**

Depois de verificar se o traçado do furo a executar está devidamente correcto, procede-se à fixação da máquina no lugar correspondente e, em função do material a perfurar, pode executar-se segundo três alternativas distintas:

- a) **Betão:** taco de expansão geralmente M-12, no qual se rosca o extremo de uma vareta. O outro extremo é introduzido na ranhura da placa de apoio da máquina, que é assegurada através de uma virola e uma porca. Em geral, o furo de aperto é realizado com uma broca Widia ϕ 15 mm, com uma profundidade máxima de 40 mm e colocando um taco Embrifix M-12.
- b) **Tijolos e materiais ocos:** a vareta roscada está fixada com resinas.
- c) **Mármore, plaquetas, terraços e elementos em que não se podem fazer furos:** o equipamento de vácuo para evitar danos nos materiais existentes.

A base da máquina dispõe de parafusos de nivelamento, pelo que se fixa apertando ligeiramente (a mão) a porca do taco Embrifix, procedendo ao seu nivelamento da seguinte forma: em buracos no chão e nos tectos coloca-se o nível da bolha em um dos lados da guia e procede-se ao nivelamento na direcção correspondente, actuando sempre nos parafusos de nivelamento. Na continuação do processo, procede-se de igual forma, nivela-se na direcção perpendicular, verificando-se se, ao corrigir numa direcção, se provoca o desnivelamento na outra direcção. Após verificado o nivelamento em ambas as direcções, realiza-se o aperto total do taco Embrifix, tornando novamente a constatar o nivelamento em ambas as direcções. Admite-se apenas como deslocamento máximo 7 mm, no que diz respeito à posição teórica, e uma inclinação máxima de 5% em comparação com a teórica.

Nos furos em paredes, o nivelamento vertical efectua-se de igual forma e a perpendicularidade horizontal é verificada a partir da posição da guia, no que diz respeito à superfície da parede por intermédio de um grande esquadro previamente contrastado.

- **Execução da perfuração**

Quando se inicia a furação, utiliza-se a velocidade mais lenta até que os segmentos de diamante se tenham introduzido no betão, aumentando progressivamente a velocidade de rotação, e o mesmo se passa com a velocidade de avanço da coroa. Todavia, há que ter uma especial atenção no uso de velocidades adequadas em função do diâmetro da coroa e do material a perfurar com a respectiva armadura existente.

A refrigeração das coroas de diamante é realizada por meio de água com aproximadamente um caudal de 6 l/min. Inicialmente, a perfuração realizar-se-á sem água para permitir que a coroa execute um pequeno canal que evite o deslocamento do furo (o que aconteceria se houvesse refrigeração). Saliente-se que no lado oposto no qual se inicia o furo não é permitido a queda de água, por isso, os últimos 4 mm são concluídos a seco para evitar o derramamento de água na sua conclusão. Como não pode existir a queda de água no lado oposto no qual se inicia o furo, instala-se um captador da recolha de água da refrigeração e posterior condução aos sumidouros correspondentes (os que se encontram

mais próximos). O captador é constituído por uma virola de tubo (que pode ser de aço ou de plástico), que num dos extremos dispõe de um vedante de borracha esponjosa no ajuste contra o betão, enquanto que o outro extremo está fechado por uma lâmina de borracha, contendo um furo no seu centro por onde se dá a passagem da coroa que se ajusta contra este. Lateralmente à virola é soldado uma manga através da qual se conecta o captador à mangueira de drenagem.

Sempre que necessário estarão disponíveis aspiradores para a recolha de pequenas quantidades de água que possam eventualmente escapar ao captador, ou que possam surgir por pequenos defeitos da superfície (por exemplo nas juntas da construção, etc). Após a conclusão do furo, concretizado pela máquina, cessa-se a água de refrigeração e extrai-se o testemunho de betão cortado.

Em furos de grandes comprimentos são colocados prolongadores e o testemunho é quebrado cada vez que a coroa atinge o seu limite máximo (geralmente 450 mm) ou são utilizadas baterias roscadas de igual diâmetro ao da coroa para aumentar o comprimento desta. A partir deste último sistema pode-se executar furos de grandes comprimentos sem quebrar o testemunho.

Quando há execução de furos em lajes, abaixo dos quais existe uma planta ou nível inferior à área onde se está a trabalhar, tem que se impedir a passagem na referida zona, com a finalidade de evitar possíveis acidentes inerentes à queda do testemunho após a execução do furo.

- **Perfurações com roto percussões: traçado**

Tal como no caso anterior, antes de qualquer perfuração dever-se-á proceder ao traçado da forma indicada anteriormente, apesar de, neste caso, não ser preciso o recurso da água, logo não será necessário um marcador indelével à água.

- **Seleção da máquina**

Em geral, nos furos de diâmetro igual ou inferior a 25 mm são executados com máquinas eléctricas, sendo que para furos de maiores diâmetros recorre-se às máquinas são pneumáticas.

- **Execução da perfuração**

Em todas as perfurações com roto percussões, a máquina é suportada manualmente pelo operador e, em geral, este procedimento é utilizado na execução de furos de pequenos diâmetros para distintos usos, entre os quais:

- para a detecção de armadura;

- para a instalação de parafusos na fixação de máquinas de corte com diamante;
- para a instalação de parafusos de expansão;
- para a instalação de barras de armaduras.

Para certas situações pode-se empregar perfurações de maiores diâmetros (até 50 mm), bem como para diferentes aplicações, entre as quais na utilização de pistões hidráulicos Darda para a demolição do betão: um que segure a máquina e outro a broca no início do furo.

Neste tipo de perfuração não se emprega a água de refrigeração, pelo facto de produzir o desprendimento da poeira que, quando exigida pela especificação na realização de pequenos buracos, há o uso da ponteira do aspirador junto da broca para a absorção directa. No caso de grandes furações recorre-se a captadores de poeira similares aos descritos anteriormente, aplicados ao redor da broca.

5.1.4. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

- Gruas móveis¹⁵

Uma grua automóvel traduz-se num guindaste automotriz com a capacidade de se deslocar, carregada ou descarregada, sobre pneumáticos, lagartas ou outros dispositivos. A estabilização desta é feita por gravidade. Dessa forma, apoia-se em escoras ou outros acessórios em posições fixas, com a finalidade de aumentar a sua estabilidade. A sua superestrutura pode ser giratória, total ou parcialmente, ou não giratória. Geralmente, esta é provida de um ou mais cabrestantes e ou cilindros hidráulicos, com o intuito de erguer ou baixar o braço e a carga. O braço telescópico, articulado, em rede ou uma combinação destes tipos, é concebido de modo a baixar facilmente. A carga é suspensa por um conjunto de ganchos ou outros dispositivos especiais de elevação.

Na demolição da passagem superior PS 397, localizada na Auto-Estrada A1, entre o nó de Estarreja e o nó da Feira, foram utilizadas duas gruas móveis. O guindaste móvel sobre pneus LTM 1500-8.1 foi utilizado para içar cada uma das peças recortadas da passagem superior. É constituído por oito eixos, com uma lança telescópica de 7 partes medindo 50 m de comprimento. O estaiamento da lança permite aumentar significativamente as capacidades de carga. Possui um jib treliçado de até 91 m de comprimento, o que facilita a ampliação da capacidade de operação do guindaste para 500 t e para até 145 m de altura de içamento também para um alcance de 108 m.

Por sua vez, o guindaste móvel sobre pneus LTM 1220-5.2 foi utilizado como apoio para o içamento dos cabos de aço a introduzir nos carotes das peças recortadas, uma vez que estes são muito pesados. É constituído por cinco eixos e o seu peso total é aproveitado para a optimização das capacidades de carga. Tem a finalidade de fixação de marcos em relação à altura de içamento e raio de alcance, através do prolongamento da lança telescópica. Este tem seis confortáveis programas de direcção no chassi do veículo com base na direcção activa do eixo traseiro.

¹⁵ Disponível em www.liebherr.com

Liebherr, gruas móveis LTM 1220-5.2 e LTM 1500-8.1 (ver figuras 35 e 36). A liebherr tem no mercado as gruas hidráulicas móveis – a LTM 1220-5.2 e a LTM 1500-8.1-de cinco e oito eixos, compactas e incidentes no novo conceito “all-in”, da Liebherr. Caracterizadas como todo-o-terreno, com um peso total de 60 e 96 toneladas e de 12 toneladas por eixo, possuem uma lança hidráulica de perfil oval, de 5 a 3 elementos, e que atingem comprimentos dos 13,3 a 60 m e, dos 16,1 a 60 m. Os seus camiões de transporte alcançam uma velocidade máxima de 60 e 75 Km/h, com comprimentos respectivamente de 15 e 20 m.

Os chassis de transporte são constituídos por um conjunto resistente à torção e são composto por barras de secção rectangular unidas entre si, com a integração de quatro apoios que proporcionam uma base de suporte de $9 \times 8,3 \text{ m}^2$ e $10 \times 9,6 \text{ m}^2$, na sua extensão máxima.

Estas estão equipadas com motores de 6 e 8 cilindros Liebherr, modelos de D847 A7 e D9508 A7, com refrigeração líquida, num débito de potência máxima de 503 CV e 680 CV, enquanto que, as caixas de velocidades são do modelo de ZF-12 com comando AS-TRONIC, com doze velocidades para a frente e duas para trás.

As cabines são constituídas em chapa de aço galvanizada, montadas sobre um dispositivo isolador e de amortecimento, formados por “silent-blocks” na parte frontal e amortecimento hidráulico na parte traseira.

Os sistemas de transmissão possuem regulação automática, tanto na estrada como em todo-o-terreno, são robustos e estão apoiados pela suspensão hidropneumática Niveaumatik. Além disso, funcionam com bloqueio por comando na cabine de condução.

Salienta-se a propriedade ergonómica das consolas de comando e são reguláveis tanto em altura como longitudinalmente.

De forma simples e rápida, por intermédio de um novo sistema de fixação, é efectuada a colocação dos contrapesos a partir da cabine das gruas.

Relativamente ao monitor de controlo, a extensão telescópica da lança é assistida pelo LICCON e funciona por acção de um cilindro de uma fase, com veios de fixação dos tramos por comando hidráulico. Sistema este patenteado pela Liebherr.

O acompanhamento do alongamento da lança é efectuado através do monitor de controlo.

Durante o processo de demolição, é possível a pré-selecção das configurações de trabalho, onde existe a representação gráfica com símbolos dos parâmetros mais importantes, indicação da carga, seja qual for a amplitude do alongamento, ainda o percurso do cabo em centímetros, nomeadamente nos trabalhos de subida e descida.

O consumo do combustível e as emissões de escape podem ser minimizados por intermédio, do controlo electrónico da propulsão.

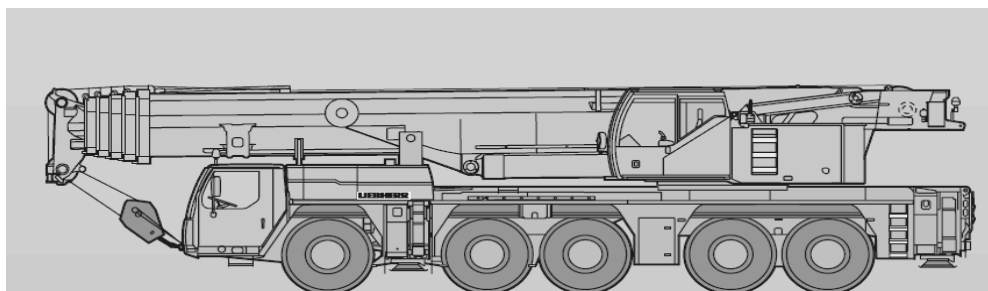


Figura 36 – Grua móvel de 220 ton.

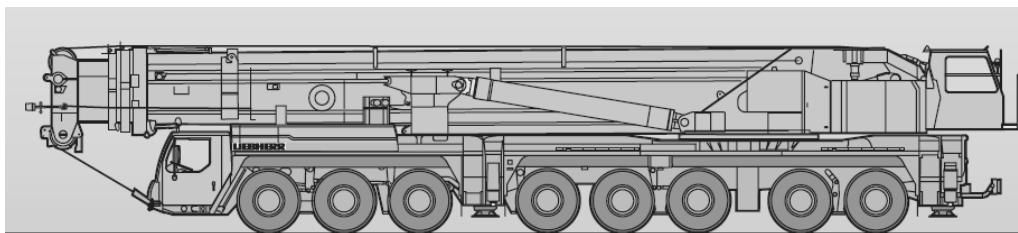


Figura 37 – Grua móvel de 500 ton.

Medidas de precaução. É sempre necessário manter o equipamento em boas condições mecânicas e de funcionamento. Deve ser efectuada uma verificação dos sistemas de segurança dos equipamentos antes do início das operações. Nas operações grua são utilizados estabilizadores, sendo para isso necessário garantir-lhes um apoio estável, especialmente em construções entivadas. Mas, quando se trata de taludes não entivados deve-se guardar uma distância ao coroamento do talude superior a 1 m para equipamentos até 12 t. No entanto, para valores superiores, a distância deverá ser no mínimo de 2 m. Nas operações da grua, esta deve trabalhar estabilizada e nivelada e só movimentar cargas para as quais está dimensionada. Nas operações de içamento das cargas dever-se-á utilizar meios próprios e ser feito lentamente. As manobras com equipamento deve ser realizado em condições de boa visibilidade e com a certeza de que o espaço de operação está livre de obstáculos e pessoas.

Dados técnicos dos guindastes móveis sobre pneus.

LTM 1220-5.2.

Motor veículo / potência ... Liebherr, 4-cilindros-Turbo-Diesel, 370 KW

Motor guindaste / potência ... Liebherr, 4-cilindros-Turbo-Diesel, 180 KW

LTM 1500-8.1

Motor do veículo / potência ... Liebherr, 8-cilindros-Turbo-Diesel, 500 KW

Motor guindaste / potência ... Liebherr, 6-cilindros-Turbo-Diesel, 240 KW

- Escavadora hidráulica da Komatsu PC 340-7¹⁶

Este equipamento robusto e ecológico proporciona produtividade, fiabilidade e conforto ao operador. Incorpora um sistema HydraMind da Komatsu que actua em todas as operações, aumentando assim o rendimento da máquina e adaptando-se perfeitamente à tarefa a executar.

A escavadora apresenta as seguintes características:

- uma produção superior;
- baixo consumo de combustível;
- sistema de localização da komatsu KOMTRAX;
- conforto do operador melhorado;

¹⁶ Disponível em komatsueurope.com.

- menor nível de ruído para o operador;
- conformidade com às normas de emissão de gases;
- controlo de acessórios tecnologicamente avançado;
- monitor a cores multi-funções.

A alta produtividade e baixo consumo de combustível estão inerentes ao potente motor Komatsu SAA6D114E-3 turbocompressor, com refrigerador final “after-cooled” a ar e com um débito de 184 KW/247 HP.

A PC340-7 apresenta a vantagem de manipular uma vasta gama de acessórios (ver figura 37). As características do controlo de acessórios tecnologicamente avançado incluem:

- o controlo do fluxo hidráulico (selecção feita no lugar do operador);
- as pré-selecções ajustáveis do engate rápido para acessórios rápidos;
- a protecção dos acessórios e da máquina através de filtros e acumuladores adicionais;
- o controlo hidráulico do alívio da pressão;
- as válvulas automáticas do permutador;
- as opções de tubagem dos acessórios.



Figura 38 - Escavadora hidráulica da Komatsu PC 340-7.

Como anteriormente referido, a escavadora proporciona uma excelente fiabilidade e durabilidade, porque se trata de um equipamento reforçado com as principais componentes concebidas e construídas pela Komatsu, possuindo dispositivos electrónicos fiáveis.

Para obter um rendimento elevado de escavação são instalados cilindros de grande diâmetro nos braços extra curtos e curtos para aumentar substancialmente as forças e também a produtividade em trabalhos de escavação difíceis. A sua durabilidade está relacionada com o facto da lança e os braços serem fortemente reforçados.

Com o sistema de localização da Komatsu (KOMATRAX) é possível inspeccionar e monitorizar a máquina em qualquer altura e local.

A cabina da nova PC340-7 possui um espaço amplo que permite um ambiente de funcionamento espaçoso. A cabina encontra-se vedada e pressurizada com ar condicionado de série, confeccionada para baixo ruído e baixa vibração (montada sobre amortecedores).

O equipamento está em harmonia com o ambiente, segundo vários factores:

- o motor está de acordo com as normas europeias de emissão de gases Stage IIIA, salvaguardando a potência ou produtividade da máquina;
- o modo económico (o que reduz o consumo de combustível);
- o baixo ruído de funcionamento;
- a sua concepção foi tida em conta para a posterior reciclagem no fim da vida útil.

O EMMS (Sistema de Manutenção e de Monitorização do Equipamento) é um sistema que controla e monitoriza todas as funções da escavadora. O interface de utilizador permite ao operador ter o acesso facilitado a uma vasta gama de funções e de informações operacionais. Dispõe de quatro modos de funcionamento: três modos de funcionamento (P,E,B) e mais um de elevação. Por conseguinte, cada modo foi construído para adaptar a velocidade do motor, a velocidade da bomba e a pressão do sistema à actividade de trabalho corrente. O equipamento torna-se flexível e adaptável a cada tarefa a desempenhar.

O modo potência. O modo potência permite o acesso à função “PowerMax” para aumentar temporariamente a força de escavação em situações difíceis e cargas pesadas, isto é, para máxima potência e tempos de ciclos rápidos.

O modo económico. O modo económico proporciona um consumo de combustível e emissão de gases reduzidos. Nos trabalhos nocturnos e/ou em áreas urbanas funciona de forma mais silenciosa.

O modo de martelo. O modo de martelo dá a pressão hidráulica, fluxo e regimes de motor necessários nas operações com o martelo.

O modo de elevação. O modo de elevação melhora a capacidade de elevação e aumenta a pressão hidráulica. As operações de elevação são realizadas com extrema segurança.

Ecrãs LCD. As letras e os números estão conjugados com imagens a cores para a leitura de informação fácil e clara, mesmo em condições de grande luminosidade.

A velocidade de deslocação. Aquando da sua deslocação, a velocidade passa automaticamente de alta para baixa dependendo das condições de apoio.

A regulação do fluxo de óleo da bomba hidráulica. A partir do monitor LCD selecciona-se automaticamente o fluxo ideal de óleo da bomba hidráulica nas operações com martelo, e outras nos modos B, P ou E. O fluxo é automaticamente reduzido quando se trabalha, simultaneamente, com acessórios e equipamento de trabalho.

Baixo ruído. Equipamento confinado para níveis de ruído do motor, das operações de rotação e hidráulicas, substancialmente reduzidos.

O motor. A potência do motor SAA6D114E-3 da Komatsu é de 184 KW/247 HP e fornece uma potência hidráulica acrescida, assim como, uma melhoria do consumo do combustível.

A força máxima de tracção. A força máxima de tracção é de 26900 Kg. Esta força é traduzida no excelente desempenho na direcção e na subida das encostas.

Força do braço carregado e força de escavação. A força de escavação do balde é de 23100 Kg e a força do braço carregado é de 17400 Kg. Como anteriormente foi referido, são instalados cilindros de grande diâmetro nos braços extra curtos e curtos, o que aumenta as forças e a produtividade de escavação em condições difíceis.

O controlo da lança de dois modos. A operação de recolha da rocha demolida está inserida no modo suave para facilitar a operação. A operação de recolha dos escombros demolidos e de raspagem é conseguido à custa da flutuação da lança para cima, reduzindo a elevação da frente da máquina. No entanto, se a força de escavação for máxima comuta-se para o modo Potência, de forma a obter uma escavação mais eficaz. Na abertura de valas e de caixas em terreno duro, a força de propulsão da lança é maior, melhorando igualmente a operação.

Em harmonia com o ambiente. O motor Komatsu SAA6D114E-3 está em conformidade com as normas de baixa emissão de gases, especialmente em emissões NOx. O modo “Economia” proporciona, ao utilizador, economia de combustível, menores emissões e um operar silenciosamente. O ruído é minimizado a partir do motor, bem como, a partir das operações de rotação e hidráulicas.

VHMS (Sistema de Monitorização do Estado do Equipamento). O controlador VHMS fornece informações sobre o nível de óleo do motor, o nível da água de arrefecimento, o nível de combustível, a temperatura da água do motor, o nível de carga da bateria, a obturação do filtro de ar, etc. Este monitor também tem a capacidade de detectar anomalias. Memoriza os dados de funcionamento do equipamento, tais como:

- a potência do motor;
- a pressão hidráulica;
- e outros.

Dados técnicos

Motor

Modelo...Komatsu SAA6D114EÇ3

Potência nominal...184 KW/247 HP (ISSO 9249 Net)

Meio ambiente

Emissões do motor...Satisfazem plenamente as normas dos gases de escape nível IIIA propostas pela CE

Níveis de ruído

Ruído externo LwA...105 db(A) (2000/14/EC Stage II)

Ruído nos ouvidos do operador LpA...75 dB(A) (ISO 6369 valores dinâmicos)

- Tesoura Hidráulica¹⁷

A Indústria da Construção começou a reconhecer os benefícios económicos e sociais dos vários tipos de reciclagem, particularmente os materiais resultantes das demolições. As novas tecnologias são geradas em função das preocupações ambientalistas, tais como: a supressão de ruído, a introdução do sistema water jet nos cortadores-esmagadores.

A tesoura hidráulica veio revolucionar o ramo da demolição e reciclagem. A RD 32, um acessório que redefine versatilidade e capacidades verdadeiramente múltiplas aos processadores, possui maxilas estreitas, permitindo assim a sua aplicação em espaços confinados (ver figura 38). Salienta-se a intermutabilidade das maxilas, característica muito importante, porque proporciona a versatilidade dos multi-processadores e o seu trabalho em diversas aplicações como o corte de ferro, betão ou madeira. Uma das suas componentes é as lâminas de corte, localizadas bem no fundo da maxila de forma a estarem protegidas do betão, prolongando a sua vida útil.



Figura 39 – Tesoura Hidráulica RD 32 da Rammer.

Os cortadores-esmagadores da Rammer RD 32 foram confinados para serem duráveis, têm um peso em operação de 3300 Kg na configuração de pulverizador e as suas forças de corte máximas são de 3420 KN.

Estes são constituídos por um corpo robusto, o que aumenta a sua eficiência e a sua durabilidade. Com a introdução e adição de um cilindro hidráulico, completamente protegido, e tubagens mais curtas, aumentou a resistência ao desgaste e a disponibilidade do acessório.

A redução do risco de sobreaquecimento e uma maior economia operacional são propriedades facultadas pelo o aumento dos hidráulicos, enquanto que, a adição de uma válvula de velocidade e a rotação hidráulica contribuem na redução dos ciclos de trabalho e no aumento da produtividade.

Estes tipos de equipamentos vieram revolucionar o corte do aço, porque se assim não fosse o aço seria cortado com equipamentos accionados por gás. Solução com custos significativamente mais altos, prejudiciais no que diz respeito à conquista de um contrato e na qualidade do ambiente. A tesoura hidráulica pode ser facilmente deslocada e virada para ter acesso a qualquer lugar e faz pouco ruído, montada no braço da escavadora. Neste caso, a escavadora é mais ruidosa que a tesoura acoplada. Executa livremente rotações de 360 graus em ambas as direcções, com o apoio de um acoplamento de fricção. A tesoura ajusta-se sozinha, automaticamente, e de forma eficiente.

A sua rotação hidráulica permite um ciclo rápido e é muito fácil de operar no corte e manuseamento de vigas, pilares, etc.

¹⁷ Disponível em www.rammer.sandvik.com

Dados técnicos

Cortador-esmagador RD 32 para fins profissionais na demolição - unidades métricas

Peso em operação...3300 Kg

Peso recomendado da máquina portadora...28-35 t

Força máxima de corte...3420 KN

Força máxima de esmagamento...1500 KN

Comprimento da lâmina de corte...200 mm

• Martelo Hidráulico¹⁸

O martelo hidráulico é um equipamento que utiliza a fonte de energia hidráulica da máquina de suporte. Essa energia é utilizada para acelerar o êmbolo, com a ajuda de um gás, o qual percute uma peça de ferramenta. O material é fracturado por intermédio da onda de tensão gerada pela acção cinética que se propaga desde a peça até o material. O martelo encontra-se acoplado numa máquina transportadora e o conjunto suporte/martelo é controlado por um operador, habitualmente sentado na cabine da própria máquina de suporte.

A máquina que serve de suporte pode ser uma escavadora hidráulica, ou seja, uma máquina automotriz de rasto ou de rodas que possui uma estrutura superior com a capacidade de rodar 360°, que detém um braço telescópico. Esta nunca move a base de apoio durante qualquer ciclo.

O martelo Furukawa F35LN, utilizado na demolição da passagem superior PS 397, tem como fim otimizar a energia desenvolvida por este, em cada condição e local de trabalho (ver figura 39). O número de golpes pode ser regulado a “baixa frequência” com um pistão longo, e a “alta frequência” com o funcionamento do pistão curto. Manualmente, através de um operador na cabine, o coloca a funcionar automaticamente a partir de um comando conectado ao martelo.



Figura 40 – Martelo Hidráulico F35LN – Furukawa.

¹⁸ Disponível em www.frd.eu

Dados técnicos

Modelo...F35LN

Peso operacional, Versão normal...2500 kg

Altura versão normal...2605 mm

Largura, versão normal...600 mm

Golpe por minuto...320-600 cpm

Energia por golpe...6883 Joule

Diâmetro da ferramenta...150 mm

85 db (A) alcance/raio...16 m

Peso base da máquina...250-400 Q.li

• Camião Volvo FM 12¹⁹

O camião Volvo FM 12 é transporte pesado de estaleiro e construção. O Volvo FM tem à disposição um chassis especial que apresenta uma maior altura livre em relação ao solo, e ainda uma capacidade para o peso bruto do conjunto de 100 toneladas. A altura do chassis e a altura livre ao solo são respectivamente de 1200 mm, 380 mm à frente e 320 mm junto do eixo traseiro. O camião desloca-se sobre pneus 315/80R22,5 e tem um ângulo de ataque à frente de 26 graus e atrás de 55 graus. O chassis incorpora um cárter de diferencial compacto, com eixo dianteiro recto e componentes de chassis protegidos. O motor está envolvido por uma robusta chapa. O condutor acede à cabina através de um degrau rebatível extra que se dobra aquando do contacto com o solo. Existe à disposição versões de eixos para chassis alto no trabalho de estaleiro e construção que são, nomeadamente, 6*4, 8*4 ou ainda com tracção total de 4*4 e 6*6. Na condução de estradas interurbanas a escolha do Volvo FM bogie de 21 toneladas pode ser a mais adequada. Como o peso do chassis é reduzido apresenta uma capacidade de carga mais elevada (cerca de mais 300 a 400 kg) comparativamente com um camião equivalente com bogie de 26 toneladas.

A tracção total, de 4*4 ou de 6*6, proporciona uma excelente condução em pisos difíceis. Na condução em estradas interurbanas, a tracção total pode ser facilmente desligada o que permite reduzir o consumo de combustível e proporcionar uma condução mais cómoda. Existe à disposição as versões de camião rígido e tractor.

5.2. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO CASO B (CASO-TIPO)

O caso B trata da demolição de uma habitação cujas características disponíveis incidem apenas na:

- área bruta de pavimento de 20*10 m²;
- altura rés-do-chão.

A caracterização desta construção não foi elaborada de forma pormenorizada, pelo facto de constituir somente um termo de comparação aquando da apresentação dos resultados e da conclusão, no que concerne, por exemplo, ao volume real ocupado, à produção de resíduos de demolição e ao tipo de equipamentos utilizados.

¹⁹ Disponível em www.volvotrucks.com

O primeiro passo, tal como no caso anterior, incidiu na determinação das tarefas de consumo energético na demolição da habitação. A localização da habitação é propositadamente a mesma da Passagem Superior – PS 397.

5.2.1 PROCESSO DE EXECUÇÃO/METODOLOGIA

A metodologia adoptada consistiu, primeiramente, na desestabilização da habitação para obter o seu desmoronamento através da acção do peso próprio da máquina – pá-hidráulica.

Os escombros de grandes dimensões e pequenas partes intactas da habitação são demolidas *in situ* e transportados para vazadouro.

5.2.2 FASEAMENTO DOS TRABALHOS

De forma sucinta descreve-se o faseamento dos trabalhos intrínsecos ao processo de demolição da habitação.

Seguidamente procedeu-se à numeração sequencial das fases, de modo a facilitar a descrição e a compreensão das mesmas, designadamente:

A fase 1 baseou-se no uso do peso próprio e da potência motriz da pá-hidráulica, com o fim de provocar a desestabilização da habitação e assim obter o seu desmoronamento/derrube. Este tipo de operação está condicionada pela altura e alcance da máquina, por conseguinte, deve previamente realizar-se o derrube da parte da habitação que não esteja dentro desse raio de acção. Convém realçar que, não se consegue controlar com exactidão a direcção da queda dos materiais provenientes dos desmontes.

O que materializou a fase 2 foi a demolição *in situ* dos escombros/materiais provenientes do processo de derrube e ainda de pequenas partes intactas da habitação.

Finalmente, a fase 3 incidiu no transporte dos resíduos – aço e betão – para vazadouro licenciado, neste caso a pedreira da Quinta do Moinho, com o objectivo da sua recuperação paisagística.

5.2.3 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

No que concerne aos equipamentos utilizados, abaixo enumerados, não serão descritas as suas características técnicas e as suas funções, dado que estas já foram referenciadas aquando do processo da demolição da Passagem Superior – PS 397.

Os equipamentos utilizados são, designadamente:

- a escavadora hidráulica da Komatsu PC 340-7;
- a tesoura hidráulica RD 32 da Rammer;
- o martelo hidráulico G 88 da Rammer (os seus dados mais relevantes serão referenciados no Capítulo 6, relativamente à demolição da Passagem Superior - PS 397);
- o camião da Volvo FM 12.

CAPÍTULO 6

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.

6.1. A DEMOLIÇÃO DA PASSAGEM SUPERIOR PS 397 – AUTO-ESTRADA A1

O tabuleiro representado na figura que se segue apresenta uma geometria de laje vigada (ver figura 40):

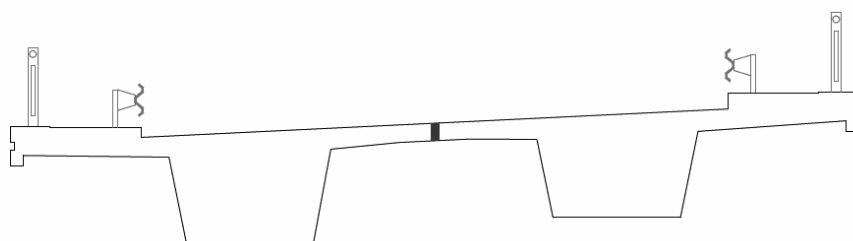


Figura 41 - Secção transversal do tabuleiro.

A área da secção transversal máxima do tabuleiro tem um valor de $4,10 \text{ m}^2$ (foram avaliadas diversas áreas, mas considerou-se o valor máximo) (ver figura 41). É adoptada como densidade média do betão armado o valor de 25. A viga foi cortada em quatro peças com um comprimento de 15,85 m cada uma. Nos cálculos não foram descontados os vazamentos. Os apoios das torres de escoramento encontram-se centradas com a viga de betão, por conseguinte, a reacção vertical máxima nas torres de escoramento vale metade da carga total, num total de 812,3 kN. O centro de gravidade das vigas está localizado a uma excentricidade máxima de 0,308 m relativamente à zona de contacto.

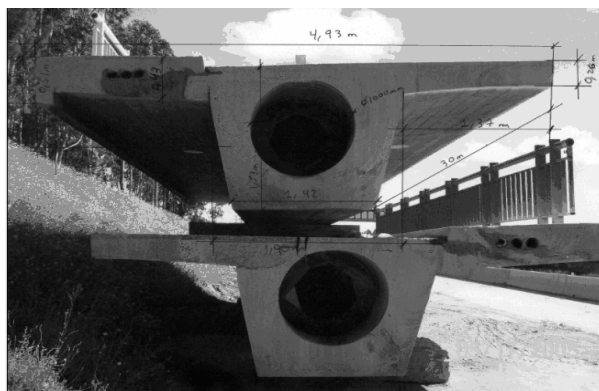


Figura 42 - Secção transversal do tabuleiro cortada em duas partes.

O peso do conjunto total das peças cortadas do tabuleiro corresponde a:

$$L = 31,7 \text{ m}$$

$$\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$S = 4,10 \text{ m}^2$$

$$V = S * L = 4,10 * 31,7 = 129,97 \text{ m}^3$$

$$P = S * L * \gamma = 129,97 * 25 = 3249,25 \text{ KN} = 324925 \text{ Kg} = 324,925 \text{ ton (considerando a aceleração da gravidade } g = 10 \text{ m}^2/\text{s})$$

Onde:

L - Comprimento do tabuleiro da passagem superior em m;

γ - Densidade média do betão armado;

S - Área da secção transversal máxima do tabuleiro em m^2 ;

V - Volume total do tabuleiro em m^3 ;

P - Peso total do tabuleiro em Kg.

Antes de qualquer cálculo, convém apresentar sob a forma de quadro o Plano de Contingência de demolição da PS 397.

Quadro 3 - Plano de Contingência da Demolição da PS 397.

Plano de execução			Pontos de Controlo			
Tarefa	Hora de Início	Hora do Fim	Limite de Início	Limite de Fim	Retorno Viável?	Condições de Retorno
Cortes Transversais	13,00h	21,00h	14,00h	0,00h	Sim	Segurança: Presença de Brigadas Estáticas da GNR no local PAF para a precaver embates no cimbres
Corte de Via e Basculamento	22,00h	23,00h	22,00h	23,00h		
Carotes	23,00h	0,00h	0,00h	1,00h		
Estabilização da Grua	23,00h	1,00h	23,00h	1,00h		
Remoção de PMB's	23,00h	0,00h	0,00h	1,00h		
Cortes Longitudinais Finais	22,00h	0,00h	0,00h	1,00h	Não	N/A
Remoção das Peças do Tabuleiro	1,00h	3,00h	1,00h	3,00h		

Plano de execução			Pontos de Controlo			
Tarefa	Hora de Início	Hora do Fim	Limite de Início	Limite de Fim	Retorno Viável?	Condições de Retorno
Desmobilização da Grua	3,00h	5,00h	3,00h	5,00h	Não	N/A
Reposição de PMB's	4,00h	5,00h	4,00h	5,00h		
Limpeza e Reposição de Via	5,00h	6,00h	--	--		

• Maquinaria de Corte

A maquinaria de corte das peças da viga era composta por um grupo hidráulico Hidrostress de modelos AD-S, AD-S2, AD-S3 Y BL-S de potência compreendida entre 28 CV (21 Kw) e 33 CV (25 Kw), com um funcionamento automático conexionado electricamente a 380 V trifásico e com um consumo aproximado de 40 A, em regime normal de trabalho. A refrigeração do grupo hidráulico é realizada com um caudal de água de 6 lt/min.

A energia será calculada em função da seguinte expressão:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia gasta em Kw.h;

P - Potência média do motor do grupo hidráulico em Kw;

T - Tempo em que decorreu a operação em horas.

• Fio diamantado

Os cortes transversais tiveram uma duração média de 15 horas (num espaço de dois dias). Estes cortes foram realizados com fio diamantado conectados com uma máquina de potência média de 23 Kw.

A energia dispendida vem expressa em:

$$E = 23 * 15 = 345 \text{ Kw.h}$$

Atendendo a que a área da secção de corte é de $4,10 \text{ m}^2$, foram necessárias 15 horas para a execução dos três cortes transversais (dois extremos e um a meio vão) e o rendimento foi de $0,8 \text{ m}^2/\text{h}$.

• Disco diamantado

O disco diamantado também esteve conectado com o grupo hidráulico mencionado anteriormente. Este processo foi utilizado na execução dos cortes longitudinais. O número de cortes longitudinais foi concretamente de dois, num comprimento de 15,85 m cada um. A área total de corte foi de $8,242 \text{ m}^2$, dado que o comprimento e a largura de cada secção de corte são respectivamente de 15,85 m e 0,26 m.

A energia gasta, neste tipo de trabalho, traduz-se em:

$$E = 23 * 4 = 92 \text{ Kw.h}$$

Os cortes longitudinais foram realizados, no decurso de dois dias consecutivos, com um intervalo de tempo de duas horas. Por conseguinte, o rendimento vem expresso em função da secção total de corte e tempo inerente, sendo o rendimento é de $2 \text{ m}^2/\text{h}$.

• Coroas diamantadas

As coroas diamantadas são accionadas por um grupo hidráulico (já referido). A carotagem, quatro carotes em cada peça da viga, teve como objectivo o transporte da peça de betão armado por parte da grua. Cada peça tem quatro carotes, por onde são introduzidos os cabos de aço que permitem a “pega” da peça por parte da grua de 500 toneladas. Na execução dos 16 carotes foram gastas 2 horas.

Logo, a energia dispendida no processo da carotagem exprime-se em:

$$E = 23 * 2 = 46 \text{ Kw.h}$$

Os diâmetros dos carotes eram de 300 mm, nos quais oito carotes atingiram 0,43 m e os restantes oito atingiram 0,26 m de profundidade. Porém, o volume total dos carotes foi de $0,390 \text{ m}^3$ e o rendimento traduziu-se em $0,20 \text{ m}^3/\text{h}$.

• Grua LTM-1500-8.1

As peças cortadas da viga foram retiradas por uma grua móvel: LTM-1500-8.1 da Liebherr. A grua consumiu energia (combustível) na sua deslocação de S. João da Madeira (Grupo Eurotagar) até à Passagem Superior PS 397 sobre a Auto-Estrada A1, localizada entre o nó de Estarreja e o nó de Santa Maria da Feira. Convém denotar que a grua em estrada funciona com um motor e a sua superestrutura funciona com outro. Nesta sequência, o consumo e a potência dos dois motores são os seguintes:

- Estrada: 170 lt/ 100 Km com uma potência de 500 Kw;

- Grua: 7 lt/ h com uma potência de 240 Kw.

A partir dos dados mencionados, e considerando que a distância do grupo Eurotagar à obra é de 8 Km, conclui-se que a grua teve um consumo no percurso de ida e volta de aproximadamente 28 litros.

O processo de montagem da grua (sua estabilização) ocorreu num intervalo de tempo de duas horas. E, a sua posterior desmontagem, ocorreu igualmente num período de duas horas.

No entanto, estes processos de estabilização e desmobilização foram novamente repetidos, uma vez que a passagem superior foi desmontada em dois dias consecutivos para manter o normal funcionamento da Auto-Estrada. Consequentemente, o consumo dispendido na realidade foi de 56 litros.

O combustível total gasto na operação de içamento, estabilização e desmobilização da mesma, nos dias consecutivos, foi de 66 litros.

Atendendo aos tempos e potência dos motores, a energia gasta pode vir expressa em Kw.h:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia gasta pela grua em Kw.h;

P - Potência dos motores em Kw;

T - Tempo de funcionamento em h.

$$E = 500 * 0,67 + 240 * 4,67 * 2 = 2577 \text{ Kw.h, (isto se a grua se deslocar a 50 Km/h, dando origem a um tempo de ida-volta de aproximadamente 20 minutos).}$$

• Grua LTM-1220-5.2

Importa referenciar que cada peça para ser retirada precisou cerca de 20 minutos, facto que se deve à introdução dos cabos nos carotes, com o auxílio da grua LTM-1220 da Liebherr. Do mesmo modo à grua anterior, o consumo e a potência dos respectivos motores são:

- Estrada: 117 lt/ 100 Km com uma potência de 370 Kw;

- Grua: 4 lt/ h com uma potência de 180 Kw.

A grua de apoio, LTM 1220-5.2, percorreu a mesma distância com a mesma velocidade da anterior. Esta grua serviu de apoio à elevação dos cabos de aço a introduzir nos carotes das peças cortadas do tabuleiro, devido ao seu elevado peso.

O consumo da grua no percurso estrada (contabilizando ida mais volta) foi cerca de 40 litros, nos dois dias consecutivos de utilização.

O processo de içamento dos cabos decorreu num intervalo de tempo de 1 hora e 20 minutos, aproximadamente. O consumo efectuado pela grua, no içamento, traduz-se numericamente em 6 litros.

De igual forma, a energia gasta traduz-se em:

$$E = P * T$$

Onde:

E: Energia gasta pela grua em Kw.h;

P: Potência dos motores em Kw;

T: Tempo de funcionamento em h.

$$E = 370 * 0,67 + 180 * 0,67 * 2 = 489 \text{ Kw.h}$$

- **Equipamento de Esmagamento/Trituração, Corte e Transporte: Martelo G 88 da Rammer, Tesoura RD 32 da Rammer e Escavadora PC340-7 da Komatsu**

Após a colocação das peças nas bermas, estas serão cortadas, trituradas ou esmagadas, respectivamente, por um martelo e tesoura hidráulicos. A tesoura serve ainda para separar o aço do betão. O martelo aqui referenciado não corresponde ao utilizado na obra, pelo seu difícil acesso aos dados. Assim sendo (com características similares), optou-se pelo martelo hidráulico da Rammer G 88 (a empresa que efectuou a demolição tem um exemplar na sua frota de equipamentos). A tesoura hidráulica corresponde ao modelo RD 32 também da Rammer.

As produções ou os rendimentos destes equipamentos são, em média, traduzidos pelos valores apresentados no quadro seguinte:

Quadro 4 - O rendimento do martelo e tesoura hidráulicos da Rammer.

Equipamentos	Rendimentos
Martelo hidráulico G 88 da Rammer	200 ton/h
Tesoura hidráulica RD 32 da Rammer	80 ton/h

O peso do tabuleiro, já calculado anteriormente, corresponde a 325 ton.

A tesoura hidráulica corta e esmaga o betão armado do tabuleiro em aproximadamente quatro horas. No entanto, o martelo hidráulico realiza a operação de trituração num espaço de tempo de duas horas.

A escavadora hidráulica PC340-7 pode apresentar os seguintes consumos de combustíveis traduzidos no quadro abaixo:

Quadro 5 - Os possíveis consumos de combustível da escavadora hidráulica PC340-7 da Komatsu.

Equipamento	Consumo de combustível
Escavadora hidráulica PC340-7	Mínimo: 11,4 – 16,3 lt/h
	Médio: 16,3 – 24,4 lt/h
	Máximo: 24,4 – 40,7 lt/h

Considerou-se o valor máximo de consumo de combustível de 40 lt/h para o martelo, dado que o processo de esmagamento ou trituração exige um elevado esforço, enquanto que na tesoura se admitiu um consumo de 35 lt/h. A tesoura esteve acoplada à escavadora cerca de 4 horas e o martelo esteve aproximadamente 2 horas. Portanto, a escavadora consumiu no processo de acoplamento dos equipamentos 220 litros de combustível.

A energia consumida em função da potência será:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia consumida pela escavadora no processo de acoplamento em Kw.h;

P - Potência da escavadora hidráulica em Kw;

T - Tempo em que decorreu a operação de trituração ou esmagamento e corte em horas.

$$E = 184 * 6 = 1104 \text{ Kw.h}$$

• **Transporte e carregamento: Camião Volvo FM 12 e escavadora hidráulica PC340-7**

A capacidade máxima do balde da escavadora hidráulica corresponde a 2,32 m³. O camião, anteriormente referido, tem uma capacidade carga de aproximadamente 21 toneladas.

O carregamento tem em conta um coeficiente de empolamento, nomeadamente de 1,6, e o peso próprio do betão de 25 KN/m³. Então, o peso próprio a evacuar será de:

$$129,97 / 1.6 * 25 = 2031 \text{ KN.}$$

A evacuação será feita através de camiões e, geralmente, o estaleiro da obra de demolição permite efectuar 5 rotações/dia de um semi-reboque com capacidade de 150 KN. Neste contexto, cada camião evacuará cerca de:

$$5 * 150 \text{ KN} = 750 \text{ KN/ dia.}$$

O número de camiões é calculado em função do peso a evacuar (o carregamento) e da capacidade do camião num dia. O cálculo do número de camiões num dia é expresso por:

$$2031/750 = 3 \text{ dias/semi-reboque.}$$

O percurso do camião realizado entre a obra de demolição e o vazadouro (neste caso, a pedreira da Quinta do Moinho em Vila Nova de Gaia) é de 25 Km, logo uma viagem de ida e volta será de 50 Km. Se o camião se deslocar em média a 80 Km/h, o mesmo efectuará a viagem de ida e volta em 40 minutos. O consumo de combustível do camião é de 40 lt/ 100 Km, neste sentido, o seu consumo global será de 280 lt.

O camião Volvo FM12 6*4 possui um motor com uma potência de 309 Kw.. Portanto, o tempo total adjacente ao transporte global dos resíduos de demolição, isto é, às 14 viagens necessárias, é de 9h20min.

Por conseguinte, a energia consumida nesse percurso de viagens (repetidas) traduz-se em:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia gasta pelo caminhão em Kw.h;

P - Potência do caminhão em Kw;

T - Tempo de transporte do resíduos em h.

$$E = 309 * 9,33 = 2883 \text{ Kw.h.}$$

No entanto, faltou a referência do tempo de carregamento, através do balde da escavadora hidráulica, de um caminhão. Admitiu-se como uma estimativa os 20 minutos. Se apenas fosse utilizado um caminhão para o transporte dos resíduos de demolição, eram necessários três dias, dado que num dia seria realizado cinco viagens. O tempo gasto na operação de carregamento seria de 4h40min. A energia dispendida, pela escavadora, nesse período será:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia gasta pela escavadora, na operação de carregamento, em Kw.h;

P - Potência da escavadora em Kw;

T - Tempo da operação de carregamento em h.

$$E = 184 * 4,67 = 859 \text{ Kw.h}$$

Para o consumo de combustível, na escavadora, considerou-se um valor médio de 20 lt/h. Como o carregamento demorou 4,67 horas, o consumo global de combustível foi de 94 lt.

• Sistema de iluminação

Convém referenciar que, aquando da operação de uma parte do corte e da retirada das peças de betão esteve presente um sistema de iluminação, visto que estes processos ocorreram de noite (ver figura 42). A energia consumida pelo sistema de iluminação não foi estimada, dado que não havia dados para tal. Mas, a sua energia consumida é menosprezável relativamente à dos outros processos.

O sistema de iluminação escolhido é de tal maneira criterioso, uma vez que este não podia encandear os olhos dos condutores que percorriam a Auto-Estrada A1 e devia iluminar amplamente o local de trabalho.



Figura 43 – Sistema de iluminação.

• O depósito

O depósito tem em conta o peso total produzido pelos escombros. Neste caso, como o material vai todo para depósito, o seu peso corresponderá a 2031 KN.

Reforce-se que as quantidades correspondem, nomeadamente, a:

- limpeza: 129,97 m³;
- demolição mecânica: 129,97 m³;
- carregamento: 2031 KN;
- evacuação: 2031 KN;
- depósito: 2031 KN.

6.2. A DEMOLIÇÃO MECÂNICA DE UMA HABITAÇÃO

Este ponto refere-se à demolição mecânica de uma habitação com as características a seguir descritas.

As características da construção em estudo são:

- área bruta de pavimento: $20 * 10^2$ m²;
- altura rés-do-chão.

A demolição engloba diferentes etapas, tais como:

- a limpeza da construção;
- a demolição propriamente dita;
- o carregamento;
- a evacuação;
- o depósito.

As unidades relativas a cada processo anterior são:

- a limpeza da construção: em m²;
- a demolição propriamente dita (neste caso, a demolição mecânica): em m²;

- o carregamento: em KN;

- o depósito: KN.

• A limpeza

Na demolição de moradias de habitação admitiu-se que por cada 1 m² da construção corresponde 1 m³ de detritos ou entulho.

A superfície atingida pelos escombros é traduzida por: 20 m * 10 m * 1 andar = 200 m², que corresponde a 200 m³. Então, pode-se afirmar que a limpeza correspondente a 200 m² está inerente a uma demolição de 200 m².

• O carregamento

A evacuação dos detritos resultantes da demolição é efectuada através de camiões. O estaleiro de obra de demolição permitirá o acesso de 5 rotações/dia de um semi-reboque com uma capacidade de 150 KN. Nesta situação, cada camião evacuará cerca de 5 * 150 KN = 750 KN. Contudo, o carregamento tem que ter em conta um coeficiente de empolamento, nomeadamente de 1,6 e o peso próprio do betão de 25 KN/m³. O peso a evacuar será de 200 / 1,6 * 25 = 3125 KN.

O número de camiões será calculado em função:

- do peso de carregamento;

- da capacidade de um camião num dia.

Por conseguinte, o cálculo do número de camiões vem assim expresso: 3125/750 = 4 dias/semi-reboque.

• O depósito

O depósito tem em conta o peso total produzido pelos escombros. Considerando que o material vai todo para depósito, o peso total do entulho corresponderá a 3125 KN.

Então, serão tidas em conta as quantidades seguintes:

- limpeza da construção: 200 m²;

- demolição mecânica: 200 m²;

- carregamento: 3125 KN;

- evacuação: 3125 KN;

- depósito: 3125 KN.

• Equipamentos utilizados

Este exemplo, aqui apresentado, será demolido com os equipamentos utilizados na demolição da passagem superior, com a excepção dos equipamentos de corte diamantados (a utilização destes equipamentos requer bastante experiência e qualificação e, ainda, o conhecimento das secções de corte).

Quadro 6 - Rendimento e potência dos equipamentos.

Equipamento	Rendimento	Potência
Escavadora hidráulica PC340-7	Mínimo: 11,4 a 16,3 lt/h Médio: 16,3 a 24,4 lt/h Máximo: 24,4 a 40,7 lt/h	184 Kw
Martelo hidráulico G 88 da Rammer	200 ton/h	--
Tesoura hidráulica RD 32 da Rammer	80 ton/h	--
Camião Volvo FM12	40 lt/ 100 Km	309 Kw

• Derrube: Escavadora hidráulica PC340-7

A escavadora hidráulica demora uma média de 4 horas a derrubar a habitação através da sua pá. A escavadora faz uso do seu peso próprio e da potência motriz, com o objectivo de provocar a desestabilização da estruturada da construção, originando assim o seu desmoronamento (ver figura 43). Convém, salientar que este tipo de trabalho é limitado pela altura e alcance da máquina, pelo que, deve realizar-se previamente o derrube da construção que não esteja dentro desse raio de acção. O meio de locomoção utilizado são os rastos, devido às condições do terreno e de forma a garantir a sua estabilidade. Contudo, existe a impossibilidade de controlar com exactidão a direcção da queda.



Figura 43 – Demolição por acção do peso próprio da pá-hidráulica.

Como este equipamento realiza um grande esforço neste tipo de acção, considerou-se que o mesmo consome praticamente o consumo máximo de combustível, ou seja, de 40 lt/h.

O consumo de combustível nessas 4 horas de trabalho foi de 160 lt.

A energia consumida resume-se a:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia gasta pela escavadora, na operação de derrube, em Kw.h;

P - Potência da escavadora em Kw;

T - Tempo de execução da operação de derrube em h.

$$E = 184 * 4 = 736 \text{ Kw.h}$$

- **Equipamento de Esmagamento/Trituração, Corte e Transporte: Martelo G 88 da Rammer, Tesoura RD 32 da Rammer e Escavadora PC340-7 da Komatsu**

O martelo e a cortadora-esmagadora (tesoura) hidráulicos são conjugados com a escavadora hidráulica de grande estabilidade, portante da lança com que actua.

Na demolição da habitação, estes equipamentos estiveram a trabalhar na operação de corte, trituração ou esmagamento em, aproximadamente:

- 2h30min, com o martelo hidráulico;

- 6h15min, com a tesoura hidráulica.

Admitiu-se como consumos da tesoura e do martelo, no processo de acoplamento, 30 lt/h e de 38 lt/h respectivamente. O consumo total do processo de acoplamento dos equipamentos foi de 283 lt.

A energia gasta na operação de esmagamento ou trituração e corte traduz-se em:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia gasta pela escavadora, no processo de acoplamento, em Kw.h;

P - Potência da escavadora em Kw;

T - Tempo da operação de trituração ou esmagamento e corte em h.

$$E = 184 * 8,75 = 1610 \text{ Kw.h}$$

A escavadora hidráulica também funciona no processo de enchimento dos camiões num tempo de 6h40min e com um consumo de 20 lt/h de combustível. Portanto, o consumo total de combustível é de 134 lt.

A energia consumida no trabalho de enchimento do camião transcreveu-se em:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia da escavadora, no processo de carregamento em Kw.h;

P - Potência da escavadora em Kw;

T - Tempo da operação de carregamento em h.

$$E = 184 * 6,67 = 1227 \text{ Kw.h}$$

- **Camião**

Considerando que a habitação se encontra localizada no mesmo sítio da passagem superior:

O percurso dos resíduos a vazadouro é de 25 Km, o que implica que a viagem de ida e volta é de 50 Km. Como o camião se desloca a uma velocidade média de 80 Km/h o tempo gasto em cada viagem de ida e volta é de 40 minutos. O tempo global da operação de transporte é de 13h20min, que corresponde a um consumo de 400 lt.

A energia dispendida na operação de transporte é de:

$$E = P * T$$

Onde:

E - Energia gasta pelo camião, no deslocamento, em Kw.h;

P - Potência do camião em Kw;

T - Tempo do percurso em h.

$$E = 309 * 13,33 = 4119 \text{ Kw.h}$$

6.3. OS RÁCIOS ENERGÉTICOS DAS DIVERSAS OPERAÇÕES INERENTES AO PROCESSO DE DEMOLIÇÃO DOS DOIS CASOS EM ESTUDO

- **Razão entre o volume a demolir da habitação com a passagem superior/ Razão entre o peso demolido da habitação com a passagem superior**

Admitiu-se a demolição de uma habitação apenas com rés-do-chão. Esta demolição, comparativamente com a anterior, permite efectuar a seguinte razão:

$$R = V_h / V_{ps} = P_h / P_{ps}$$

Onde:

P_h - Peso dos detritos produzidos na demolição da habitação;

Pps - Peso dos detritos produzidos na demolição da passagem superior;

Vh - Volume da habitação;

Vps - Volume da passagem superior;

R - Razão entre os pesos dos detritos produzidos e dos volumes nas duas situações.

$R = 200/129,97 = 3125/2031 = 1,5$ (estas duas razões tinham que dar o mesmo valor, uma vez que ambos os valores da primeira razão são multiplicados por 25/1,6, isto é, pela densidade do betão armado/coeficiente de empolamento).

O quadro seguinte traduz os rácios energéticos da demolição da Passagem Superior 397:

Quadro 7 - Equipamentos e respectivos rácios energéticos na demolição da Passagem Superior 397.

Equipamento	Rácio Energético
Fio diamantado (cortes transversais)	28 Kw.h/m ²
Disco diamantado (cortes longitudinais)	11 Kw.h/m ²
Coroas diamantadas (carotes)	118 Kw.h/m ³
Grua LTM 1500-8.1 da Liebherr (no processo de montagem, desmontagem e içamento das peças)	17 Kw.h/m ³ ou 7 Kw.h/ton
Grua LTM 1220-5.2 da Liebherr (no processo de içamento dos cabos)	121 Kw.h/cabo de aço
Martelo hidráulico G 88 da Rammer	3 Kw.h/m ³ ou 1 Kw.h/ton
Tesoura hidráulica RD 32 da Rammer	6 Kw.h/m ³ ou 2 Kw.h/ton
Escavadora hidráulica PC340-7 da Komatsu (no processo de carregamento do camião)	11Kw.h/m ³ ou 4 Kw.h/ton
Camião Volvo FM12 (na viagem de ida, isto é, quando carregado)	18 Kw.h/m ³ ou 7 Kw.h/ton

Relativamente ao deslocamento :

Quadro 8 - Equipamentos e respectivos rácios energéticos nos deslocamentos efectuados na demolição da Passagem Superior 397.

Equipamentos	Rácios Energéticos
Grua LTM 1500-8.1 da Liebherr	3 Kw.h/Km
Grua LTM 1220-5.2 da Liebherr	2 Kw.h/Km
Camião Volvo FM12 (percurso de ida e volta do camião)	4 Kw.h/Km

O quadro, abaixo representado, elucida os rácios energéticos da demolição de uma habitação:

Quadro 9 - Equipamentos e respectivos rácios energéticos na demolição da habitação.

Equipamentos	Rácios Energéticos
Martelo hidráulico G 88 da Rammer	2 Kw.h/m ³ ou 0,9 Kw.h/ton
Tesoura hidráulica RD 32 da Rammer	6 Kw.h/m ³ ou 2 Kw.h/ton
Escavadora hidráulica PC340-7 (no derrube)	4 Kw.h/m ³ ou 1 Kw.h/ton
Escavadora hidráulica (na operação de enchimento do camião)	10 Kw.h/m ³ ou 4 Kw.h/ton
Camião Volvo FM 12 (na viagem de ida, ou seja, quando vai carregado)	16 Kw.h/m ³ ou 7 Kw.h/ton

E, ainda, em relação ao deslocamento:

Quadro 10 - Equipamento e respectivo rácio energético no deslocamento efectuado na demolição da habitação.

Equipamento	Rácio Energético
Camião Volvo FM 12 (percurso de ida e volta do camião)	4 Kw.h/Km

7

CONCLUSÃO

O processo de demolição da Passagem Superior PS 397, em termos energéticos, consumiu muito mais energia que o processo de demolição da habitação, como era de esperar. Muitos factores influenciaram esta tendência energética, entre os quais se destacam os equipamentos de corte, a quantidade de volume de betão armado a ser demolido e, conseqüentemente, a produção de detritos, o número de viagens realizadas pelos camiões (consoante os detritos produzidos), a utilização de guas telescópicas, entre outros.

O acréscimo de energia consumida no processo de demolição da passagem superior está relacionado, de certo modo, com uma localização em sítio urbano e por cima de uma grande via de circulação. Durante o processo de demolição, a Auto-Estrada A1 não podia ser fechada ao tráfego, por conseguinte, revelava-se necessário a adopção de estratégias que abordassem essa condição. Para tal, a empresa responsável pela demolição contratou pessoal operário experiente no corte de betão armado e pré-esforçado. Este tipo de trabalho, o corte, requer uma elevada experiência e qualificação, uma vez que este é realizado com equipamentos muito específicos. Os equipamentos de corte traduzem-se em:

- fio diamantado;
- disco diamantado;
- coroas diamantadas;
- grupo hidráulico.

O tabuleiro da passagem superior foi cortado em quatro peças para, posteriormente, serem removidas por uma grua telescópica de 500 toneladas (o trânsito só é bloqueado no içamento das peças e colocação na berma). Qual a razão da presença de outra grua? A grua de 220 toneladas foi considerada como uma grua de apoio, ou seja, tinha como função o içamento dos cabos de aço (que eram muito pesados) a introduzir nos carotes de cada peça de betão armado.

A diferença de uma demolição para outra está relacionada com o equipamento de corte e com a utilização de guas e, ainda, com a função extra da escavadora (o derrube).

A utilização de equipamento de corte, na demolição da passagem superior, originou um gasto adicional de 39 Kw.h/m² e 118 Kw.h/m³, relativamente à demolição da habitação. O mesmo sucede com a operação de içamento de ambas as guas, montagem e desmontagem da grua de 500 toneladas e, ainda, com o deslocamento das guas telescópicas, traduzindo a diferença energética avaliada quantitativamente por: 138 Kw.h/(1 + cabo de aço) ton e 5 Kw.h/Km.

Contudo, na demolição da habitação a escavadora hidráulica exerce ainda outra função, a de derrube, o que implementa mais 10 Kw.h/m³ ou 4 Kw.h/ton.

Respectivamente aos restantes equipamentos usados, o martelo hidráulico, a tesoura hidráulica, a escavadora no carregamento e o camião no transporte, estes apresentam aproximadamente o mesmo consumo energético em termos de rácios.

No que concerne aos aspectos ambientais, verificou-se a existência de poluição sonora e aérea inerente ao ruído e à poeira produzidos no decurso dos trabalhos de trituração ou esmagamento.

Nos trabalhos de corte há uma forte e contínua produção de ruído, por isso, os operários são protegidos pelos denominados protectores auriculares.

O consumo global de combustível (o gasóleo), subjacente ao processo de demolição na sua totalidade, foi acentuado, o que se traduz numa elevada emissão de CO₂ para o ambiente. Como estimativa de consumo, tem-se 762 litros para a demolição da passagem superior PS 397 e 977 litros para a demolição da habitação, o que indica que a demolição mais nefasta para o ambiente é a da habitação.

Todavia, verifica-se que os fabricantes de equipamentos de demolição começam a ter uma crescente consciencialização com a vertente ambiental, uma vez que os motores destes equipamentos contêm filtros que minimizam a emissão de ruídos e gases.

Os valores dos rácios energéticos, do combustível consumido e da energia gasta em cada operação, são estimativas que servem apenas como fio condutor para outros casos. Importa destacar que estes cálculos assentaram sobre produções e consumos médios, o que poderia não acontecer para outros casos ou situações, devido à dificuldade de ponderar alguns aspectos, tais como: a severidade do percurso, o tipo de construção e de equipamentos (como a própria marca e fabricante), a localização da obra e do vazadouro, etc. Os dois Casos, objectos de estudo, estão localizados contiguamente e, consequentemente, têm o mesmo local de depósito, isto é, a pedreira da Quinta do Moinho. A proximidade entre estes permite uma melhor compreensão e comparação dos resultados. É de referir que o volume produzido pela demolição dos pilares e extremos da passagem superior não foram tidos em conta neste estudo, uma vez que não existiam dados para a sua contabilização.

Os quadros que se seguem apresentam a energia gasta e o consumo de combustível em cada operação do processo de demolição da passagem superior PS 397 e da habitação, assim como, a energia e o consumo globais de todo o processo de demolição em cada um dos casos.

Quadro 11 - Demolição da passagem superior PS 397: a energia e o combustível consumidos nas diferentes operações, bem como, os seus valores totais.

Operação	Energia (Kw.h)	Consumo de combustível (lt)
Fio diamantado	345	--
Disco diamantado	92	--
Coroas diamantadas	46	--
Grua LTM-1500-8.1 da Liebherr	2577	122
Grua LTM-1220-5.2 da Liebherr	489	46
Tesoura Hidráulica RD 32 da Rammer	736	140

Operação	Energia (Kw.h)	Consumo de combustível (lt)
Martelo Hidráulico G88 da Rammmer	368	80
Camião Volvo FM 12	2883	280
Escavadora Hidráulica PC340-7 da Komatsu	859	94
Total	8395	762

Quadro 12 - Demolição da habitação: a energia e o combustível consumidos nas diferentes operações, bem como, os seus valores totais.

Operação	Energia (Kw.h)	Consumo de combustível (lt)
Escavadora PC340-7 da Liebherr	1963	294
Tesoura hidráulica RD 32 da Rammer	1150	188
Martelo hidráulico G 88 da Rammer	460	95
Camião Volvo FM 12	4119	400
Total	7692	977

Constata-se que, geralmente, a parcela referente ao transporte dos resíduos a vazadouro no processo global de demolição não é tida em conta, uma vez que a sua gestão depende de alguns factores. Estes podem traduzir-se na localização da obra, na empresa responsável pela gestão dos resíduos, no destino destes, etc.

Os quadros abaixo representados indicam a energia gasta e o consumo de combustível no processo global da demolição da passagem superior PS 397 e da habitação, isto é, os valores que constam nos quadros não são nada mais que o somatório das parcelas correspondentes às diversas operações inerentes ao processo de demolição (acima traduzidas), mas excluindo o valor da operação de transporte dos resíduos a vazadouro – Camião FM 12.

Quadro 13 - Demolição da passagem superior PS 397: a energia e o combustível consumidos no processo global da demolição, excluindo a parcela referente à operação de transporte dos resíduos (Camião FM 12 – quadro 11).

Processo Global da Demolição	Energia (Kw.h)	Consumo de combustível (lt)
Total	5512	482

Quadro 14 - Demolição da habitação: a energia e o combustível consumidos no processo global da demolição, excluindo a parcela referente ao transporte dos resíduos (Camião FM 12 – quadro 12).

Processo Global da Demolição	Energia (Kw.h)	Consumo de combustível (lt)
Total	3573	577

Para finalizar, verificou-se que a operação de transporte dos resíduos (Camião FM 12) constitui uma parcela muito significativa no processo global de demolição, em termos energéticos e de consumo de combustível.

Os quadros que se seguem mostram o peso da sua importância, em percentagem, relativamente a todo o processo de demolição, tanto no caso A como no caso B.

Quadro 15 - Demolição da passagem superior PS 397: o peso da operação de transporte dos resíduos (Camião FM 12) no processo global da demolição, relativamente à energia gasta e ao combustível consumido.

Camião FM 12	Energia (Kw.h)	Consumo de combustível (lt)
Peso no Processo Global da demolição (%)	34	37

Quadro 16 - Demolição da passagem da habitação: o peso da operação de transporte dos resíduos (Camião FM 12) no processo global da demolição, relativamente à energia gasta e ao combustível consumido.

Camião FM 12	Energia (Kw.h)	Consumo de combustível (lt)
Peso no Processo Global da demolição (%)	54	41

8

BIBLIOGRAFIA

LIVROS/ MANUAIS

- Philip, J., Bouyahbar, F., Muzeau, J. (2006). *Guide pratique de la démolition des bâtiments*. Éditions Eyrolles, Paris.
- S/N. (2007). Manual de Segurança. Descrição do Sistema. *Serras de Cordão Diamantado*. TYROLIT Hydrostress AG, Suíça.
- S/N. (2007). Manual de Segurança. Descrição do Sistema. *Serras para paredes*. TYROLIT Hydrostress AG, Suíça.
- S/N. (2007). Manual de Segurança. Descrição do Sistema. *Trépanos*. TYROLIT Hydrostress AG, Suíça.

RELATÓRIOS

- Sousa, Hipólito; Faria, José; Almeida, Manuel; Sousa, Rui; Figueiredo, Fernando. (2001). Relatório de Progresso R4.1: *Avaliação da Perigosidade Ambiental dos Resíduos de Construção e Demolição*. FEUP: Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto.

PROJECTOS

- Projecto de demolição da passagem superior PS397 Auto-Estrada A1, requerido pelo Consórcio Alberto Martins Mesquita & Filhos, S.A.. Copecisa Silva Brandão & Filhos, S.A., Dezembro de 2007.
- Projecto de Execução da Passagem Superior P.S.17, Dimensionamento Geral, Desenho nº N6A2.A-E-130-17-03, datado de Julho de 1980.
- Projecto de Execução da Passagem Superior P.S.17, Dimensionamento de Pormenor, Desenho nº N6A2.A-E-130-17-05, datado de Dezembro de 1980.

LEGISLAÇÃO

- Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro.

- Decreto-Lei n.º 77/97, de 5 de Maio.
- Decreto-Lei n.º 335/97, de 16 de Maio.
- Decisão 2001/118/CE, de 16 de Janeiro.
- Portaria n.º 792/98, de 22 de Setembro.

SITES

- www.construlink.com. (04-10-2007).
- www.construirportugal.pt. (04-10-2008).
- http://paginas.fe.up.pt/~construc/gp/docs200405/caderno_encarg/exe_trabalhos/Demolicoes.pdf. (23-11-2007).
- https://tecnicaaeist.pt/portallizer/upload_ficheiros/paper%20%OEEDE.pdf. (04-10-2007).
- www.volvotrucks.com. (29-05-2008).
- www.liebherr.com. (29-05-2008).
- www.komatsucurope.com. (29-05-2008).
- www.rammer.sandvik.com. (29-05-2008).
- www.frd.eu. (29-05-2008).